



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ciencias Biológicas

Escuela Profesional de Ciencias Biológicas

**Diversidad, distribución de la ictiofauna en el
gradiente altitudinal y estado de conservación del Río
Huallaga (Pasco - Huánuco – San Martín)**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Bióloga con mención en
Hidrobiología y Pesquería

AUTOR

Lisveth Madeleine VALENZUELA MENDOZA

ASESOR

Hernán ORTEGA TORRES

Lima, Perú

2018



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Valenzuela, L. (2018). *Diversidad, distribución de la ictiofauna en el gradiente altitudinal y estado de conservación del Río Huallaga (Pasco-Huánuco-San Martín)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Biológicas, Escuela Profesional de Ciencias Biológicas]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.



127

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**ACTA DE SESIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGA CON MENCIÓN EN HIDROBIOLOGÍA Y PESQUERÍA
(MODALIDAD: SUSTENTACIÓN DE TESIS)**

Siendo las 10:10..... horas del 26 de enero de 2018, en el Salón de Grados de la Facultad de Ciencias Biológicas y en presencia del jurado formado por los profesores que suscriben, se dio inicio a la sesión para optar al Título Profesional de Bióloga con mención en **Hidrobiología y Pesquería** de **LISVETH MADELEINE VALENZUELA MENDOZA**.

Luego de dar lectura y conformidad al expediente N° 048-EPCB-2017, la titulando expuso su tesis: **"DIVERSIDAD, DISTRIBUCIÓN DE LA ICTIOFAUNA EN EL GRADIENTE ALTITUDINAL Y ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL RÍO HUALLAGA (PASCO-HUÁNUCO-SAN MARTÍN)"**, y el Jurado efectuó las preguntas del caso calificando la exposición con la nota 19, calificativo: Aprobado con máximos honores.

Finalmente, el expediente será enviado a la Escuela Profesional de Ciencias Biológicas y al Consejo de Facultad para que se apruebe otorgar el Título Profesional de Bióloga con mención en **Hidrobiología y Pesquería** a **LISVETH MADELEINE VALENZUELA MENDOZA** y se eleve lo actuado al Rectorado para conferir el respectivo título, conforme a ley.

Siendo las 11:20 horas se levantó la sesión.

Ciudad Universitaria, 26 de enero de 2018.

Mg. IRIS SAMANEZ VALER
(PRESIDENTA)

Mg. HERNAN ORTEGA TORRES
(ASESOR)

Mg. LILIANA TAPIA UGAZ
(MIEMBRO)

Blga. SILVIA AGUILAR LUNA
(MIEMBRO)

*A mi familia, por su apoyo y comprensión incondicional. A
mis amigos, por sus consejos y enseñanzas, y a todas las
personas apasionadas por el estudio de los peces, por
acompañarme en esta gran tarea.*

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Manuel y Luzmila, por apoyarme en cada decisión y alentarme en cada paso.

A mis hermanos, Donna, José y Carlos, por ser mi mayor fortaleza.

A mi asesor y profesor Hernán Ortega, por sus constantes enseñanzas, apoyo en la culminación de la presente tesis y, especialmente, por permitirme ingresar al Departamento de Ictiología del Museo de Historia Natural y brindarme conocimiento y mayor motivación por el estudio de los peces de agua dulce.

A Carlos, por su compañía, amistad y todo su apoyo durante el desarrollo de la tesis.

Agradezco especialmente a las personas que contribuyeron en el trabajo de campo: mis padres, Manuel y Luzmila; mis hermanos, Donna y José; a Carlos y al señor Mendo, gracias a todos por su valioso tiempo e importante compañía.

A los amigos del Departamento de Ictiología del Museo de Historia Natural: A Lenin, Nicol, Gian Pier, Pamela, Omar, Cristian, Roberto, Max, Miguel, Vanessa Meza, Darío y Soraya por su ayuda, consejos, preocupaciones, comentarios, aportes y sugerencias.

A Juan Carlos, por su apoyo y motivación para la culminación de esta etapa.

A las profesoras, Liliana Tapia y Silvia Aguilar por sus valiosas observaciones en el proyecto de tesis. A las profesoras, Iris Samanez, Liliana Tapia y Silvia Aguilar, por sus acertados comentarios y por pertenecer a la banca evaluadora de la presente tesis.

A la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, por formarme en Ciencias Biológicas.

Al Departamento de Ictiología del Museo de Historia Natural de la UNMSM, por brindarme instalaciones y equipos adecuados para el desarrollo de este estudio.

A todos los profesores de la facultad de Ciencias Biológicas, por mi formación académica durante mis años de estudio.

¡Gracias!

ÍNDICE GENERAL

Pág.

I.- INTRODUCCIÓN	1
II.- MARCO TEÓRICO	2
2.1.- Ictiofauna y cuerpos de agua sudamericanos	2
2.2.- Andes Amazónicos	2
2.3.- Distribución de las especies acuáticas.....	3
2.4.- Estado de conservación.....	5
III.- ANTECEDENTES	7
IV.- OBJETIVOS	10
4.1.- Objetivo general	10
4.2.- Objetivos específicos	10
V.- HIPÓTESIS	10
VI.- MATERIAL Y MÉTODOS	11
6.1.- Material.....	11
6.1.1.- Material de campo.....	11
6.1.2.- Material biológico	11
6.1.3.- Material de laboratorio.....	12
6.2.- Metodología.....	12
6.2.1.- Área de estudio	12
6.2.2.- Metodología de campo	14
6.2.3.- Metodología de laboratorio	16
6.3.- Análisis de datos	19

6.3.1.- Parámetros fisicoquímicos del agua.....	19
6.3.2.- Ictiofauna	21
6.3.3.- Ictiofauna y ambiente	26
6.3.4.- Evaluación del estado de conservación.....	26
VII.- RESULTADOS	30
7.1.- Descripción del ambiente acuático	30
7.1.1.- Descripción física de los ambientes acuáticos.....	30
7.1.2.- Parámetros fisicoquímicos	34
7.2.- Ictiofauna.....	50
7.2.1.- Composición de especies.....	50
7.2.2.- Riqueza y abundancia	54
7.2.3.- Diversidad alfa	66
7.2.4.- Diversidad beta	74
7.2.5.- Estructura comunitaria	78
7.2.6.- Caracterización funcional de la ictiofauna	87
7.3.- Ictiofauna y ambiente acuático.....	91
7.4.- Estado de conservación de los ambientes acuáticos	93
VIII.- DISCUSIÓN.....	99
VIII.- CONCLUSIONES	109
IX.- RECOMENDACIONES.....	111
X.- REFERENCIAS	112
XI.- ANEXOS	126

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo en la temporada seca (2013) y lluviosa (2014) de la intercuenca Alto Huallaga.	14
Tabla 2. Criterio usado para definir los grupos funcionales de los peces en el gradiente altitudinal de la intercuenca Alto Huallaga.	18
Tabla 3. Puntuación utilizada en la determinación del Índice de Integridad Biológica (IBI) para comunidades de peces.	29
Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos evaluados en la intercuenca Alto Huallaga durante las dos temporadas de colecta (2013 – 2014).	35
Tabla 5. Estadísticos descriptivos de los parámetros fisicoquímicos evaluados en la intercuenca Alto Huallaga durante las dos temporadas de colecta (2013 – 2014). Donde, D.S. es la desviación estándar.	36
Tabla 6. Parámetros fisicoquímicos evaluados en la intercuenca Alto Huallaga durante las dos temporadas de colecta (2013 – 2014), sus correlaciones con los ejes 1 y 2 del Análisis de Componentes Principales (PCA), autovalores, porcentaje de explicación y valores de Broken-stick de los ejes. Valores con asterisco indican parámetros con influencia significativa.	39
Tabla 7. Estadísticos descriptivos de los parámetros fisicoquímicos evaluados en la intercuenca Alto Huallaga durante las dos temporadas de colecta en los sectores bajo, medio y alto (2013 – 2014).	41
Tabla 8. Test Tukey de los parámetros fisicoquímicos evaluados en los sectores bajo, medio y alto de la intercuenca Alto Huallaga durante las dos temporadas de colecta.	44
Tabla 9. Parámetros fisicoquímicos evaluados en la intercuenca Alto Huallaga durante la temporada seca (2013), sus correlaciones con los ejes 1 y 2 del Análisis de Componentes Principales (PCA), autovalores, porcentaje de	46

explicación y valores de Broken-stick de los ejes. Valores con asterisco indican parámetros con influencia significativa.

Tabla 10. Resultado del análisis PERMANOVA par a par entre los sectores de los ríos evaluados durante la temporada seca (2013) en la Intercuenca Alto Huallaga. Valores significativos ($p < 0,05$) están marcados con asteriscos.	46
Tabla 11. Parámetros fisicoquímicos evaluados en la intercuenca Alto Huallaga durante la temporada lluviosa (2014), sus correlaciones con los ejes 1 y 2 del Análisis de Componentes Principales (PCA), autovalores, porcentaje de explicación y valores de Broken-stick de los ejes. Valores con asterisco indican parámetros con influencia significativa.	48
Tabla 12. Resultado del análisis PERMANOVA par a par entre los sectores de los ríos evaluados durante la temporada lluviosa (2014) en la Intercuenca Alto Huallaga. Valores significativos ($p < 0,05$) están marcados con asteriscos.	48
Tabla 13. Lista taxonómica de la Ictiofauna registrada en la intercuenca Alto Huallaga (2013 – 2014). Donde, N (nativo), I (introducido), E (endémico) y M (Migrador).	50
Tabla 14. Riqueza de los órdenes, familias, géneros y especies de la ictiofauna de la intercuenca Alto Huallaga (2013 – 2014).	54
Tabla 15. Riqueza y abundancia de los órdenes de la ictiofauna de la intercuenca Alto Huallaga (2013 – 2014). Donde, R.A. es la riqueza acumulada y A.R. es abundancia relativa.	55
Tabla 16. Riqueza y abundancia de las familias de la ictiofauna de la intercuenca Alto Huallaga (2013 – 2014).	57
Tabla 17. Comparación de la riqueza y abundancia de las especies de la ictiofauna de la intercuenca Alto Huallaga entre la temporada seca (2013) y la temporada lluviosa (2014).	59

	Pág.
Tabla 18. Comparación de la riqueza y abundancia de las familias de la ictiofauna entre los sectores bajo, medio y alto de la intercuenca Alto Huallaga para ambas temporadas evaluadas (2013 – 2014).	61
Tabla 19. Índices de diversidad (0D , 1D y 2D) para cada punto de muestreo evaluados en temporada seca (2013) y lluviosa (2014) en la intercuenca Alto Huallaga. Donde, N es abundancia.	66
Tabla 20. Estimadores de diversidad no paramétricos para ambas temporadas evaluadas en la intercuenca Alto Huallaga (2013 – 2014). Donde, IC es el intervalo de confianza.	73
Tabla 21. Ictiofauna más abundante en la intercuenca Alto Huallaga en ambas temporadas de muestreo (2013 – 2014). Donde, A.R. es abundancia relativa.	78
Tabla 22. Comparación de la ictiofauna más abundante en la intercuenca Alto Huallaga en ambas temporadas de muestreo (2013 – 2014). Donde, A es abundancia y A.R. es abundancia relativa.	81
Tabla 23. Especies raras en cada temporada evaluada en la intercuenca Alto Huallaga (2013 – 2014).	86
Tabla 24. Valores del Índice de Integridad Biótica (IBI) para los ambientes acuáticos evaluados en el sector bajo de la intercuenca Alto Huallaga, en la temporada seca (2013).	97
Tabla 25. Valores del Índice de Integridad Biótica (IBI) para los ambientes acuáticos evaluados en el sector bajo de la intercuenca Alto Huallaga, en la temporada lluviosa (2014).	98

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estaciones de muestreo en la intercuenca Alto Huallaga en la zona centro oriental de Perú y la ubicación de la represa Chaglla (estrella). Donde, el curso principal del río y cada tributario está representado por un círculo negro y gris, respectivamente.	13
Figura 2. Puntos de muestreo evaluados en el sector alto de la intercuenca Alto Huallaga entre los años 2013 y 2014 durante la temporada seca (S) y lluviosa (L). En: a. río Huallaga (4069 m.s.n.m.), b. Quebrada s/n (3678 m.s.n.m.), c. río Chaupiguaranga (2988 m.s.n.m.), d. río Huallaga (2004 m.s.n.m.).	31
Figura 3. Estaciones evaluadas en el sector medio de la intercuenca Alto Huallaga entre los años 2013 y 2014 durante la temporada seca (S) y lluviosa (L). En: a. río Huallaga (1885 m.s.n.m.), b. río Huallaga (862 m.s.n.m.).	32
Figura 4. Estaciones evaluadas en el sector bajo de la intercuenca Alto Huallaga entre los años 2013 y 2014 durante la temporada seca (S) y lluviosa (L). En: a. río Pavas + río Huallaga (729 m.s.n.m.), b. río Monzón (694 m.s.n.m.), c. río Huallaga (681 m.s.n.m.), d. río Tigre (667 m.s.n.m.), e. río Huallaga (591 m.s.n.m.), f. río Huallaga (500 m.s.n.m.), g. río Huayabamba (295 m.s.n.m.), h. río Huallaga (290 m.s.n.m.).	33
Figura 5. Diagramas de cajas de los cinco parámetros fisicoquímicos evaluados en las temporadas seca y lluviosa en la intercuenca Alto Huallaga durante los años 2013 y 2014. Los cuadrados pequeños representan las medianas, las cajas representan los intervalos intercuartiles (25 – 75 %), las barras muestran los intervalos de valores máximos y mínimos.	37
Figura 6. Ordenación de los parámetros fisicoquímicos a través del Análisis de Componentes Principales (PCA) para las diferentes temporadas evaluadas	38

durante los años 2013 y 2014 en la Intercuenca Alto Huallaga. Donde, T: temperatura del agua, SD: sólidos totales disueltos, COND: conductividad, OD: oxígeno disuelto.

Figura 7. Valores de los parámetros fisicoquímicos por cada sector evaluado en la Intercuenca Alto Huallaga durante la temporada seca (S) y lluviosa (L) de los años 2013 y 2014, respectivamente. 42

Figura 8. Ordenación de los parámetros fisicoquímicos a través del Análisis de Componentes Principales (PCA) para los diferentes sectores evaluados en la temporada seca (2013) en la Intercuenca Alto Huallaga. Donde, T: temperatura del agua, SD: sólidos totales disueltos, COND: conductividad, OD: oxígeno disuelto. 45

Figura 9. Ordenación de los parámetros fisicoquímicos a través del Análisis de Componentes Principales (PCA) para los diferentes sectores evaluados en la temporada lluviosa (2014) en la Intercuenca Alto Huallaga. Donde, T: temperatura del agua, SD: sólidos totales disueltos, COND: conductividad, OD: oxígeno disuelto. 47

Figura 10. Distribución de los parámetros fisicoquímicos a través del gradiente altitudinal para las diferentes temporadas evaluadas durante los años de 2013 e 2014 en la Intercuenca Alto Huallaga. 49

Figura 11. Riqueza por órdenes en la intercuenca Alto Huallaga durante la temporada seca (2013) y lluviosa (2014). 55

Figura 12. Abundancia por órdenes en la intercuenca Alto Huallaga durante la temporada seca (2013) y lluviosa (2014). 56

Figura 13. Riqueza por familias de peces de la intercuenca Alto Huallaga durante la temporada seca (2013) y lluviosa (2014). 57

	Pág.
Figura 14. Comparación de la riqueza por familias de peces de la intercuenca Alto Huallaga durante la temporada seca (2013) y lluviosa (2014).	60
Figura 15. Comparación de la abundancia por familias de peces de la la intercuenca Alto Huallaga durante la temporada seca (2013) y lluviosa (2014).	60
Figura 16. Distribución por sectores: bajo, medio y alto, de la riqueza de las principales familias de peces en la intercuenca Alto Huallaga.	62
Figura 17. Distribución por sectores: bajo, medio y alto, de la abundancia de las principales familias de peces en la intercuenca Alto Huallaga.	62
Figura 18. Riqueza y abundancia de especies en el gradiente altitudinal de la intercuenca Alto Huallaga durante las dos temporadas evaluadas (2013 – 2014).	63
Figura 19. Distribución de las especies en el gradiente altitudinal de la intercuenca Alto Huallaga en la temporada seca (2013). En el eje “y”, las especies están agrupadas en los ordenes: Characiformes, Cyprinodontiformes, Perciformes, Salmoniformes y Siluriformes	64
Figura 20. Distribución de las especies en el gradiente altitudinal de la intercuenca Alto Huallaga en la temporada lluviosa (2014). En el eje “y”, las especies están agrupadas en los ordenes: Characiformes, Cyprinodontiformes, Gymnotiformes, Perciformes, Salmoniformes y Siluriformes.	65
Figura 21. Diagrama de cajas de los índices de diversidad de la intercuenca Alto Huallaga para temporada seca (2013) y lluviosa (2014). Los cuadrados pequeños representan las medianas, las cajas representan los intervalos intercuartiles (25 – 75 %), las barras muestran los intervalos de valores máximos y mínimos.	69

	Pág.
Figura 22. Distribución de los índices de diversidad a través del gradiente altitudinal para las diferentes temporadas evaluadas durante los años de 2013 e 2014 en la Intercuenca Alto Huallaga.	70
Figura 23. Curvas de acumulación de especies para la temporada seca (2013) en la intercuenca Alto Huallaga.	71
Figura 24. Curvas de acumulación de especies para la temporada lluviosa (2014) en la intercuenca Alto Huallaga.	72
Figura 25. Comparación de los estimadores no paramétricos entre las temporadas evaluadas en la intercuenca Alto Huallaga (2013 – 2014).	73
Figura 26. Dendrogramas de Similitud para la temporada seca (2013) en la intercuenca Alto Huallaga. A: índice de similitud de Sorensen y en B: índice de similitud Bray-Curtis con transformación ($\log x+1$).	75
Figura 27. Dendrogramas de Similitud para la temporada lluviosa (2014) en la intercuenca Alto Huallaga. A: índice de similitud de Sorensen y en B: índice de similitud Bray-Curtis con transformación ($\log x+1$).	77
Figura 28. Abundancia relativa de las especies más abundantes en ambas temporadas en la intercuenca Alto Huallaga (2013 – 2014).	80
Figura 29. Abundancia relativa de las especies más abundantes en la temporada seca (A) y lluviosa (B).	82
Figura 30. Abundancia de las especies colectadas en cada banda de elevación para ambas temporadas. Se presenta el porcentaje acumulado de la abundancia para las cinco especies más abundantes. <i>Knodus septentrionalis</i> (1), <i>Characidium</i> sp. 5 (2), <i>Odontostilbe fugitiva</i> (3), <i>Odontostilbe</i> sp. 3 (4), <i>Odontostilbe</i> sp. 4 (5), <i>Knodus ortegasae</i> (6), <i>Odontostilbe</i> cf. <i>ecuadoriensis</i> (7), <i>Bujurquina huallagae</i> (8), <i>Odontostilbe</i> sp. 2 (9), <i>Bryconamericus bolivianus</i> (10), <i>Othonocheiropus eigenmanni</i> (11),	84

Chaetostoma marmorescens (12), *Creagrutus changae* (13), *Creagrutus* sp. 1 (14), *Poecilia reticulata* (15), *Hemibrycon huambonicus* (16), *Poecilia velifera* (17), *Oncorhynchus mykiss* (18), *Chaetostoma daidalmatos* (19), *Astroblepus* sp. (20), *Farlowella oxyrryncha* (21).

- Figura 31.** Cinco especies más abundantes por cada banda altitudinal para ambas temporadas evaluadas en la intercuenca Alto Huallaga (2013 – 2014). 85
- Figura 32.** Especies reofílicos registrados en las temporadas seca (2013) y lluviosa (2014) en la intercuenca Alto Huallaga. 87
- Figura 33.** Especies pelágicas registrados en las temporadas seca (2013) y lluviosa (2014) en la intercuenca Alto Huallaga. 87
- Figura 34.** Especies de poza registrados en las temporadas seca (2013) y lluviosa (2014) en la intercuenca Alto Huallaga. 88
- Figura 35.** Peces de torrente registrados en las temporadas seca (2013) y lluviosa (2014) en la intercuenca Alto Huallaga. 89
- Figura 36.** Peces bentónicos de no torrente registrados en las temporadas seca (2013) y lluviosa (2014) en la intercuenca Alto Huallaga. 90
- Figura 37.** Frecuencia de los grupos funcionales en cada nivel altitudinal registrados en las temporadas seca (2013) y lluviosa (2014) en la intercuenca Alto Huallaga. 91
- Figura 38.** Análisis de correspondencia canónica (CCA) de la ictiofauna y los parámetros fisicoquímicos evaluados en la temporada seca (A) y lluviosa (B) en la intercuenca Alto Huallaga (2013 – 2014). Los cuadros pequeños enfocan la distribución de los parámetros fisicoquímicos. 92
- Figura 39.** Comparación de la conductividad con los estándares de calidad ambiental para agua establecidos en las categorías 3 D1 (1000 uS/cm), 3 D2 (2500 uS/cm) y 4 (5000 uS/cm) para ambas temporadas evaluadas. 93

Figura 40. Comparación del oxígeno disuelto con los estándares de calidad ambiental para agua establecidos en las categorías 3 D1 (≥ 4 mg/L), 3 D2 y 4 (≥ 5 mg/L) para ambas temporadas evaluadas. 94

Figura 41. Comparación del pH con los estándares de calidad ambiental para agua establecidos en las categorías 3 (6,5 – 8,5 UI) y 4 (6,5 - 9 UI) para ambas temporadas evaluadas. 95

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Ficha de campo.	126
Anexo 2. Etiqueta MUSM.	126
Anexo 3. Galería fotográfica de los ambientes acuáticos.	127
Anexo 4. Descripción de los ambientes acuáticos evaluados en la intercuenca Alto Huallaga durante la temporada seca (2013).	128
Anexo 5. Descripción de los ambientes acuáticos evaluados en la intercuenca Alto Huallaga durante la temporada lluviosa (2014).	131
Anexo 6. Composición taxonómica registrada para la intercuenca Alto Huallaga durante la temporada seca (2013).	134
Anexo 7. Composición taxonómica registrada para la intercuenca Alto Huallaga durante la temporada lluviosa (2014).	142
Anexo 8. Comparación entre la riqueza de los órdenes de la ictiofauna de la intercuenca Alto Huallaga (2013 – 2014).	150
Anexo 9. Información de la ecología trófica de los peces para el desarrollo del IBI.	154
Anexo 10. Valores del Índice de Integridad Biótica (IBI) para los ambientes acuáticos evaluados en el sector bajo de la Intercuenca Alto Huallaga en la temporada seca (2013) y lluviosa (2014).	158
Anexo 11. Clasificación de la ictiofauna según <i>Catalog of life</i> * 2017 y descripción de las 21 familias registradas en la intercuenca Alto Huallaga durante la evaluación de la temporada seca y lluviosa, según el libro <i>Os peixes do rio Madeira</i> , entre otros. *(http://www.catalogueoflife.org/col/)	160

RESUMEN

Los cambios graduales en los cuerpos de agua y las comunidades acuáticas desde el nacimiento hasta la desembocadura del río han sido bien documentados en regiones templadas, pero poco se sabe sobre la distribución de las comunidades acuáticas en los Andes Amazónicos. Sabiendo que la altitud modifica los ambientes acuáticos, se evaluaron ríos ubicados en un gradiente altitudinal de 280 a 4069 m.s.n.m. en la intercuenca Alto Huallaga, ubicada en las regiones Pasco, Huánuco y San Martín. El área de estudio abarcó cerca del 80 % del río Huallaga, actualmente considerado uno de los ríos más amenazados debido a impactos antropogénicos por modificación del caudal por la central hidroeléctrica Chaglla. El trabajo de campo se realizó en 41 estaciones de muestreo en la temporada seca (2013) y lluviosa (2014) con el objetivo de conocer la composición de la ictiofauna, su distribución a través del gradiente altitudinal y el estado de conservación del río Huallaga. Se analizó la variación de los parámetros fisicoquímicos y la ictiofauna, la relación entre ambos, y el estado de conservación del río, para cada temporada a lo largo del gradiente altitudinal. Se colectaron 3426 individuos y se identificaron 128 especies de peces, incluyendo especies endémicas, migratorias, nativas e introducidas. El río Huallaga y sus principales afluentes en el sector bajo se destacaron por presentar mayor riqueza de especies (119 spp.), a diferencia del sector medio (43 spp.) y alto (8 spp.). Se encontró diferencias significativas entre los parámetros fisicoquímicos a lo largo del gradiente altitudinal; sin embargo, no se corroboró su influencia sobre la distribución de la ictiofauna. Con respecto al estado de conservación, el sector bajo se encontró en una condición principalmente regular, sugiriendo la presencia de modificaciones en la ictiofauna a consecuencia de alteraciones en el hábitat.

Palabras clave: Andes Tropicales, endemismo, conectividad, hidroeléctrica, conservación.

ABSTRACT

Gradual changes in freshwater bodies and aquatic communities from the beginning to the mouth of the river have been well documented in temperate regions, but little is known about the distribution of aquatic communities in the Tropical Andes. Knowing that the altitude modifies the aquatic environments, we evaluated rivers located in an altitudinal gradient of 280 to 4069 m.s.n.m. in the Alto Huallaga inter-basin, located in the Pasco, Huánuco and San Martín departments. The study area covered about 80 % of the Huallaga River, currently considered one of the most threatened rivers due to anthropogenic impacts by modification of the flow through the Chaglla hydroelectric plant. The field work was carried out in 41 sampling stations in the dry (2013) and rainy season (2014) with the aim to know the composition of the ichthyofauna, its distribution through the altitudinal gradient and the state of conservation of the Huallaga River. The variation of the physicochemical parameters and the ichthyofauna, the relationship between both, and the state of conservation of the river, were analyzed for each season along the altitudinal gradient. 3426 individuals were collected and 128 species of fish were identified, including endemic, migratory, native and introduced species. The rivers in the lower section were characterized by higher species richness (119 spp.), different to the medium (43 spp.) and less in high section (8 spp.). Significant differences were found between the physicochemical parameters along the altitudinal gradient; however, their influence on the distribution of ichthyofauna was not corroborated. Related to the conservation state, the low sector was found in a mainly regular condition, suggesting the presence of modifications in the ichthyofauna as a consequence of alterations in the habitat.

Key words: Tropical Andes, endemism, connectivity, hydroelectric, conservation.

I.- INTRODUCCIÓN

La ictiofauna en Sudamérica es la más diversa del mundo albergando 9100 especies, cerca del 27 % de todas las especies de peces del mundo, donde 5160 se distribuyen en agua dulce (Reis *et al.*, 2016). En Perú se registra el 21 % de esa riqueza; sin embargo, se estima la presencia de hasta 1200 especies de peces continentales (Ortega *et al.*, 2012). Los Andes Amazónicos en el Perú son considerados una de las áreas más ricas en diversidad y abundancia de especies de peces (Ortega y Chang, 1998), aunque son poco conocidos existiendo áreas con vacíos de información. Lamentablemente, estas áreas son vulnerables a los actuales cambios ambientales relacionados con la deforestación, pérdida de cuerpos de agua, contaminación acuática, introducción de especies y el desarrollo de hidroeléctricas (Anderson *et al.*, 2010). Estas modificaciones podrían alterar el desplazamiento de los peces; así como, la calidad del ambiente, evitando el funcionamiento equilibrado del ecosistema acuático, por lo que son necesarios estudios en los Andes Amazónicos que contribuyan al desarrollo del conocimiento básico sobre diversidad taxonómica y ecológica (Anderson *et al.*, 2010). Asimismo, se necesitan estudios que describan los patrones de diversidad de la ictiofauna a lo largo de los gradientes altitudinales para entender cómo la distribución de las especies es afectada por las actividades antropogénicas, considerando que un gran porcentaje de la actividad socio-económica se concentra en la región Andina. De esta manera, la conservación de la ictiofauna y de los ambientes acuáticos se presenta como un gran reto frente a los rápidos cambios antropogénicos del siglo XXI (Reis *et al.*, 2016). Por este motivo, el generar mayor información es necesario para establecer estrategias de conservación eficaces y mitigar los efectos de las actividades humanas. En tal sentido, el presente estudio es un aporte al conocimiento de la ictiofauna del río Huallaga, que permitirá conocer las especies de peces que presenta, sus características ambientales; así como, establecer las diferencias en la distribución de la ictiofauna en gradiente altitudinal y entre las temporadas evaluadas; además de, determinar su estado de conservación.

II.- MARCO TEÓRICO

2.1.- Ictiofauna y cuerpos de agua sudamericanos

La ictiofauna de agua dulce distribuida en Sudamérica es la más diversa del mundo con un número estimado de 5160 especies, agrupadas en 739 géneros, 69 familias y 20 órdenes. Este número representa cerca de la tercera parte de todos los peces continentales del mundo en tan solo 12 % de la superficie total del planeta (Reis *et al.*, 2016). En Perú, han sido registradas 1064 especies agrupadas en 375 géneros, 55 familias y 17 órdenes, los que se distribuyen principalmente en la cuenca amazónica entre los ríos Marañón, Huallaga, Ucayali, Madre de Dios, entre otros (Ortega *et al.*, 2012). Esta gran diversidad de peces vive en una amplia diversidad de hábitats, incluyendo ríos de gran tamaño, planicies de inundación, pantanos, lagos y ríos de gran altitud, rápidos andinos, entre otros (Reis *et al.*, 2016).

En esta región, la química del agua está influenciada por características del paisaje como la cobertura vegetal dominante y los tipos de suelo que determinan los tipos de agua blanca, negra y clara (Sioli, 1985); donde los ríos que se originan en los Andes al presentar alta cantidad de partículas sedimentarias son conocidos como ríos de agua blanca; los ríos de color té oscuro son conocidos como ríos de agua negra debido a la presencia de taninos y ácidos húmicos derivados de la descomposición de vegetación en las tierras bajas, y; por último, los ríos que discurren por rocas antiguas son conocidos como los ríos de aguas claras por presentar pocos sedimentos y alta transparencia (Reis, 2013).

2.2.- Andes Amazónicos

Las cuencas andinas constituyen en superficie un porcentaje menor que las cuencas de la Amazonia; sin embargo, contribuyen con una gran cantidad a la descarga total de la cuenca Amazónica (Goulding *et al.*, 2003) y suministran la gran mayoría de los sedimentos, nutrientes y materia orgánica a la cuenca principal del Amazonas (Aufdenkampe *et al.*, 2001; Townsend-Small *et al.*, 2008; Laraque *et al.*, 2009). Este

aporte alimentando un ecosistema aguas abajo de planicie aluvial que está entre los más productivos del planeta (Meade *et al.*, 1985; Barthem y Goulding, 1997; Dunne, 1998; Aalto *et al.*, 2002; McClain y Naiman, 2008), donde los peces se han adaptado al suministro temporal de agua y materiales procedentes de los Andes hacia los ecosistemas aguas abajo (Jepsen y Winemiller, 2007; McClain y Naiman, 2008).

Muchas especies amazónicas, económica y ecológicamente importantes, desovan únicamente en ríos con tributarios andinos, entre ellas especies que migran desde la planicie amazónica hasta los pies de montaña (Barthem y Goulding, 1997; Pringle *et al.*, 2000; McClain y Naiman, 2008; Anderson y Maldonado-Ocampo, 2010; Goulding *et al.*, 2010). Entre los peces migratorios de larga distancia hay especies de bagres de gran tamaño (por ejemplo, *Brachyplatystoma rousseauxii* y *Pseudoplatystoma fasciatum*) y carácidos como *Prochilodus nigricans* (McClain y Naiman, 2008).

En la Amazonía Andina también se encuentran algunos de los bosques y ríos más ricos en especies del planeta (Hoorn *et al.*, 2010) aunque esta información se basa en documentación que destaca la riqueza de las taxa más estudiados (anfibios, aves, mamíferos y plantas vasculares); según Bass *et al.* (2010), se puede incrementar esa extraordinaria información con mayor estudio sobre los peces endémicos, de los cuales aún se cuenta con poco conocimiento (Anderson y Maldonado-Ocampo, 2010).

2.3.- Distribución de las especies acuáticas

Vannote *et al.* (1980) introdujeron el concepto “río continuo” para referirse a los cambios graduales que presentan las comunidades acuáticas desde el nacimiento hasta la desembocadura del río. Estos cambios, en el establecimiento de las comunidades, son causados por la variación geomorfológica acompañada de los sucesivos cambios fisicoquímicos del agua (Roldán y Restrepo, 2008), donde las partes cercanas a la cabecera presentan altos niveles de oxígeno, baja conductividad, aguas claras, transparentes y con pocos nutrientes. A medida que el río desciende, la temperatura del

agua va incrementándose gradualmente, el oxígeno aún presenta concentraciones elevadas debido a las caídas de agua y a las irregularidades del cauce, el agua se torna un poco más turbia, se incrementan los nutrientes y la conductividad. Cuando el río llega a las partes bajas, la temperatura del agua puede incrementarse hasta 10 °C con respecto a la parte alta, los niveles de oxígeno generalmente bajan debido a que el lecho se torna más profundo, el agua corre lentamente y presenta una mayor acumulación de materia orgánica. Además, la conductividad puede incrementarse hasta en cinco o más veces con respecto a la parte alta (Roldán, 1992; Roldán y Restrepo, 2008).

Actualmente, además de evaluar los cambios en las comunidades acuáticas a lo largo del gradiente longitudinal, se ha encontrado una frecuente correlación de la altitud con los cambios en la diversidad biológica (Carvajal-Quintero *et al.*, 2015). Los estudios sobre estos cambios han incluido una amplia gama de organismos, incluyendo vertebrados, invertebrados y plantas de muchas regiones geográficas diferentes (Tobes *et al.*, 2016). En general, el patrón observado se caracteriza por la disminución de la diversidad y la sustitución de especies a medida que se incrementa la altitud; sin embargo, los procesos que determinan esos patrones siguen siendo poco conocidos (Lomolino, 2001). En las zonas tropicales, las montañas actúan como barreras ecológicas que previenen la colonización por especies de tierras bajas en los territorios adyacentes (Janzen, 1967). Mientras que, las poblaciones de especies terrestres y acuáticas que habitan ambientes de alta montaña deben tolerar condiciones adversas para mantenerse estables (Navas, 2003; Jacobsen, 2008).

Como ya fue mencionado, en los ecosistemas acuáticos, las condiciones físicas y químicas influyen en la distribución de los peces (Buisson *et al.*, 2008a), además, las adaptaciones fisiológicas y morfológicas (formas hidrodinámicas) así como las tasas metabólicas bajas son condiciones necesarias para su sobrevivencia (Beitinger *et al.*, 2000; Taniguchi y Nakano, 2000; Winemiller *et al.*, 2008). Muchas hipótesis se han propuesto para explicar los cambios en la diversidad asociados con la altitud; muchas de ellas basadas en solo pocos factores ecológicos, como: reducción de área disponible

y complejidad ambiental, gran severidad de las condiciones climáticas, reducción en la diversidad de recursos disponible y disminución de la productividad (Huston, 1994). Aun así, no hay consenso en cómo estos factores varían e interactúan con las variables ambientales en generar los patrones de diversidad observados (Nogués-Bravo *et al.*, 2008).

2.4.- Estado de conservación

Debido al alto grado de endemismo y a la creciente actividad humana en los Andes tropicales, es cada vez más urgente lograr un mejor entendimiento de los impactos antropogénicos en estos sistemas (Orme *et al.*, 2005). Entre las actividades de impacto directo y severo para la ictiofauna andina amazónica, se encuentran las represas hidroeléctricas, pues en su ubicación no se considera la distribución altitudinal de las especies de rango restringido (Nogueira *et al.*, 2010). Esto constituye una amenaza para la sobrevivencia de especies endémicas restringidas para esta zona, sobre todo en tiempos donde según los datos de distribución, los peces andinos tropicales figuran entre los vertebrados menos estudiados en el mundo (Anderson y Maldonado-Ocampo, 2010).

En la Amazonía andina, los proyectos hidroeléctricos con potencia mayor a 2MW existentes (48) y planificados (151) se ubican en áreas con gran elevación, observándose que el 84 % de las represas planificadas se localizan sobre los 500 m de altura donde generalmente se inician los Andes (Finer *et al.*, 2012). Sin embargo, las represas ubicadas por debajo de los 1000 m de altura también representan amenazas sobre la distribución de la ictiofauna debido a que presentan mayor probabilidad de crear grandes áreas de inundación e impactar a los peces que migran largas distancias (Finer *et al.*, 2012; Anderson *et al.*, 2010; y Gouldin *et al.*, 2010). Entre los países que conforman la Amazonía andina, Perú presenta la mayor cantidad de represas existentes (26) y planificadas (79) con potencia mayor a 2 MW. Aunque sólo el 13 % de las represas existentes tiene una capacidad mayor o igual a 1000 MW, hay una tendencia hacia la

construcción de represas más grandes. A nivel de cuencas, el río Marañón y sus tributarios (incluyendo los ríos Huallaga, Pastaza y Zamora) en Ecuador y Perú, presentan 81 represas planificadas (Finer *et al.*, 2012).

El río Huallaga es considerado dentro de los ríos que se ven más amenazados, pues está sujeto a modificación del caudal por la central hidroeléctrica Chaglla entre las provincias de Chaglla y Chinchao, en el departamento de Huánuco. Debido a la pérdida de conectividad entre la cuenca se podría alterar el desplazamiento longitudinal que presentan los peces; así como, la calidad del ambiente porque el suministro de sedimento y nutrientes al sector medio y bajo sería interrumpido, evitando el funcionamiento equilibrado del ecosistema acuático. En el sector alto de la cuenca del río Huallaga se encuentran muchas especies endémicas, principalmente del género *Chaetostoma*, y es éste el sector donde se encuentra la central hidroeléctrica Chaglla, la cual constituye un gran peligro para la conservación de especies endémicas en tiempos donde aún no se conocen concretamente las especies presentes y su rango de distribución.

Según la ANA, las aguas del río Huallaga se definen como superficiales destinadas al riego de vegetales, bebida de animales y para la conservación del ambiente acuático (Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA). Sin embargo, luego de la priorización de Cuencas para la Gestión de los Recursos Hídricos realizado por la ANA, la intercuenca Alto Huallaga se ubicó en la categoría de alta prioridad debido a la presencia de residuos y pasivos que afectaron la calidad del recurso, evidenciándose por la superación de los límites establecidos por el ECA para agua (ANA, 2016). De esta manera, se comprueba que las actividades antrópicas; así como, el crecimiento de poblaciones ribereñas también constituyen una amenaza para los cuerpos de agua debido al incremento de la deforestación, erosión y la cantidad de desechos líquidos y sólidos que afectan principalmente a sus riberas. Además, varios ambientes acuáticos están amenazados por el desvío del agua para el riego y la extracción de minerales (oro aluvial), actividades que alteran el lecho de los ríos y causa contaminación por

mercurio. Adicionalmente, las especies invasoras y la sobreexplotación de la ictiofauna amenazan la permanencia de las especies nativas y el mantenimiento de tamaños poblaciones saludables (Reis, 2013).

III.- ANTECEDENTES

Entre los trabajos de investigación realizados en la cuenca del río Huallaga, Eigenmann y Allen (1942), reportaron 11 especies para el Alto Huallaga (entre los ríos Huambo y Totorá) y seis especies para el Alto Mayo (Sifuentes, 1988). Correa (1982) continuando los estudios del proyecto “Explotación Pesquera Integral”, dirigido inicialmente por la Dirección Regional de Pesquería de Moyobamba, alcanzó a identificar 20 especies de las 43 colectadas y reconocidas como diferentes (citado en Sifuentes, 1988). Sifuentes (1988) elaboró una lista taxonómica para las especies del río Huallaga central, que comprendió el sector de Campanilla hasta El Vaquero (entre los distritos de Shapaja y Chazuta), correspondientes a las subcuencas hidrográficas del Huallaga central y del Alto Mayo (entre Jepelacio y Yuracyacu) en el departamento de San Martín. En esta lista la ictiofauna del río Huallaga central estuvo conformada por 56 especies correspondientes a cinco órdenes, 16 familias y 46 géneros.

Entre los estudios científicos actuales en la cuenca alta del río Huallaga, Salcedo (2006) confirmó la condición endémica de la cuenca alta por el reporte de tres nuevas especies del género *Chaetostoma*. Igualmente, en el 2007 en su tesis de doctorado mencionó la importancia de los gradientes altitudinales en las laderas de los Andes sobre los procesos de especiación en el género *Chaetostoma*; la misma autora en el 2013 describió un nuevo género endémico nombrado como *Loraxichthys*. Meza (2014), realizó una evaluación en los tributarios menores de la margen derecha de la cuenca media del río Huallaga, entre las provincias de Aucayacu (Huánuco) y Tocache (San Martín), que corresponde a la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Cordillera Azul (ZA-PNCAZ), identificando 64 especies, agrupados en 49 géneros, 17 familias y seis órdenes. La evaluación también tuvo por objetivo identificar el estado de

conservación de los cuerpos de agua, a través de índices basados en la composición de peces y en la descripción del ambiente, los que mostraron que la mayoría de ambientes evaluados presentaron una conservación regular, debido a que principalmente se realizaban actividades extractivas y de cultivo.

Entre los estudios que aportan en el contexto de estructura de la comunidad de peces, Tejerina-Garro *et al.* (2005) demostraron que los factores que determinan la estructura de las comunidades de peces en regiones templadas y tropicales eran el tamaño del río, la altitud, la complejidad del hábitat, la velocidad de la corriente, la profundidad, la conductividad y la temperatura. Pouilly *et al.* (2006) observaron que la disminución de la altitud juega un papel similar al del aumento de la velocidad de la corriente a lo largo de un gradiente longitudinal; así como, la influencia de la temperatura del agua y la pendiente sobre la diversidad de peces. Winemiller *et al.* (2008) demostraron que la diversidad de peces estaba fuertemente correlacionada a las variables físicas y ambientales relacionadas al gradiente altitudinal en 81 lugares entre 50 y 3100 m, en el río Casiquiare entre la cuenca del río Orinoco y Amazonas.

Lujan *et al.* (2013) demostraron que los parámetros fisicoquímicos son insuficientes para explicar los cambios en la comunidad taxonómica y la estructura funcional en el gradiente altitudinal a diferencia de las interacciones tróficas, que parecen ejercer una influencia más fuerte en la distribución de los organismos acuáticos andinos. De la Barra *et al.* (2015) sugieren que el rigor climático junto a la severidad física del hábitat crean barreras para la colonización y explican los cambios de riqueza en el gradiente altitudinal. Finalmente, Carvajal-Quintero *et al.* (2015) realizaron un análisis regional de bandas altitudinales y encontraron que la riqueza de especies aumenta en las cabeceras de la región norte de los Andes, esto debido a la cantidad acumulativa de especies endémicas. Lo que sugiere la necesidad de estudios a gran escala que tendría importantes implicancias para la conservación regional de ecosistemas acuáticos en los Andes amazónicos.

Entre los estudios que aportan en el contexto de pérdida de conectividad por

alteración en el caudal, Maldonado-Ocampo *et al.* (2005) advierten la posible pérdida de muchas especies del orden Siluriformes, ampliamente distribuidas a lo largo de los gradientes altitudinales, pues son consideradas especies de torrente y susceptibles a las alteraciones del caudal y los subsiguientes cambios en el hábitat (ej., Astroblepidae, Trichomycteridae y Loricariidae). Torres-Mejía y Ramírez-Pinilla (2008), determinaron que las alteraciones del caudal afectan la disponibilidad de recurso alimenticio para los peces; así como, la reproducción de estos pues algunos se reproducen durante los periodos secos y los cambios en los patrones estacionales del caudal podrían afectar a las estrategias reproductivas de estas especies. Finalmente, McClain y Naiman (2008) resaltaron la importancia de la conectividad fluvial entre los Andes y las tierras bajas en la cuenca del Amazonas y en el Orinoco; así como, los posibles impactos del represamiento, pues al retener sedimentos y alterar los caudales, las represas de los ríos andinos podrían dar lugar a cambios en la geomorfología en áreas aguas abajo, afectando a los hábitats acuáticos y ribereños, e impidiendo el movimiento de muchas especies de peces que migran a lo largo de los corredores fluviales entre las montañas y las tierras bajas.

A pesar de los evidentes efectos negativos de las represas sobre los ríos andinos, la amenaza que representan fue minimizada por Nilsson (2005) y Vörösmarty (2010), quienes indicaron que la Amazonía enfrentaba bajos a moderados niveles de amenaza al considerar sólo represas existentes. Un análisis más real fue realizado por Finer y Jenkins (2012), quienes evaluaron los datos precisos de ubicación de todas las represas hidroeléctricas planificadas superiores a 2 MW de capacidad, para estimar los impactos regionales en relación a las represas existentes, carreteras, líneas de transmisión, áreas protegidas y territorios indígenas titulados. Este estudio concluye identificando tres necesidades que deberían ser tomadas en cuenta en las futuras decisiones políticas: realizar evaluaciones estratégicas de las represas a nivel regional y a la escala de cuenca, contar con un plan estratégico para mantener la conectividad Andes-Amazonia y reconsiderar la energía hidroeléctrica como fuente de energía de

bajo impacto en el Neotrópico.

IV.- OBJETIVOS

4.1.- Objetivo general

- Determinar la composición taxonómica y distribución de la ictiofauna a través del gradiente altitudinal, y evaluar el estado de conservación del río Huallaga.

4.2.- Objetivos específicos

- Evaluar la variación de los parámetros fisicoquímicos a través del gradiente altitudinal y a nivel temporal,
- Evaluar la variación de la ictiofauna a través del gradiente altitudinal y a nivel temporal,
- Evaluar la influencia de los parámetros fisicoquímicos del agua sobre la distribución de la ictiofauna, y
- Determinar el estado conservación del río Huallaga.

V.- HIPÓTESIS

Sabiendo que el incremento de la altitud modifica los ambientes acuáticos, se evaluaron ríos ubicados a diferentes niveles altitudinales para conocer la influencia de ese incremento sobre los parámetros fisicoquímicos del agua y la comunidad de peces. La hipótesis es que habrá una diferencia marcada entre los valores de los parámetros fisicoquímicos y, la composición y diversidad de peces a lo largo del gradiente altitudinal. Donde, ríos a mayor altitud presentaran menor abundancia y número de especies debido a la severidad del hábitat. De otra forma, en los ríos a menor altitud, que presentan una mayor abundancia y riqueza de especies debido a la mayor heterogeneidad del hábitat, oferta alimenticia y mayor área de distribución.

VI.- MATERIAL Y MÉTODOS

6.1.- Material

6.1.1.- Material de campo

Equipos utilizados para la ubicación de coordenadas, obtención de parámetros fisicoquímicos, registro de información y colecta de peces; así como, de sustancias químicas para la fijación y preservación de los especímenes, entre otros objetos que optimicen el trabajo en campo.

- Mapa del área de estudio
- Ficha de campo (Anexo 1)
- Multiparámetro portátil (HANNA)
- GPS (Garmin 12)
- Oxímetro (Ysis)
- Cámara fotográfica (Nikon D3100)
- Red de arrastre (5 x 1,5 m con tamaño de malla 5 mm), atarraya (8kg con tamaño de malla 10 mm) y red de mano (con tamaño de malla 5mm)
- Alcohol (70 %) y formol (10 %)
- Libreta, etiquetas de campo y útiles de escritorio (lapiceros Artline, plumón indeleble, tijeras y cinta adhesiva Duct Tape)
- Baldes de plástico (8L y 20L) y recipientes herméticos de plástico (20x30cm)
- Guantes quirúrgicos, mascarilla y pinzas
- Gasa pañal, papel toalla y bolsas Ziploc (30x40cm y 27x28cm)
- Pilas (AA y AAA)

6.1.2.- Material biológico

Ejemplares de peces, procedentes de dos épocas de muestreo (temporada seca y lluviosa) en el eje principal del río Huallaga y sus principales afluentes, ubicados en los departamentos de Pasco, Huánuco y San Martín.

6.1.3.- Material de laboratorio

Equipos y otros objetos para la identificación y la conservación de las muestras.

- Microscopio estereoscópico (LEICA)
- Lámpara
- Calibrador digital (Mitutoyo serie 500)
- Colección ictiológica de referencia
- Claves taxonómicas especializadas
- Etiquetas MUSM (Anexo 2)
- Alcohol etílico (70 %)
- Guantes quirúrgicos, placas de Petri, bandejas, estiletes y pinzas
- Frascos de polietileno (50, 100, 500 y 1000 mL)

6.2.- Metodología

6.2.1.- Área de estudio

El río Huallaga se ubica en la zona centro oriental del territorio peruano, se origina en la laguna Huascacocha a unos 4710 m.s.n.m. en el departamento de Pasco, donde recibe nombres como Blanco o Chaupiguaranga y pasa a denominarse Huallaga luego de unirse con el río Huariaca (Alva, 2011). El curso principal del río Huallaga recorre unos 1100 km. entre los departamentos de Pasco, Huánuco, San Martín y Loreto, constituyendo un área de drenaje de 90 130 km². Luego de su origen y recorrido en Pasco, en dirección sur-norte, el río Huallaga desarrolla gran parte de su cauce y caudal en Huánuco hasta configurarse como un típico río de selva baja. En San Martín, el río Huallaga continúa desplazándose con dirección sur-norte hasta la altura de Cayumba, para luego tomar un curso serpenteante hasta Juanjuí y posteriormente se une al Marañón, principal afluente del Amazonas (PEISA, 2003).

A lo largo de todo su recorrido, el río Huallaga recibe gran cantidad de afluentes, siendo los de la margen izquierda los más numerosos e importantes debido a su origen

andino y mayor recorrido. Entre estos tenemos, de sur a norte, el río Tocache, el sistema Abiseo-Huayabamba, el Saposo, el Sisa y el río Mayo; todos afluentes de aguas frías al provenir de la cordillera andina y formarse de deshielos y lluvias en la parte alta de la cuenca (PEISA, 2003). Mientras que los afluentes importantes por su margen derecha son el río Biabo, el Pomaza y el río Chipurana. El río Huallaga posee un régimen glacio-pluvial, ya que sus aguas son aportadas en gran medida por glaciares ubicados en sus nacientes y lluvias que caen a lo largo de su cuenca. Las crecientes del río se dan desde noviembre hasta marzo, y la temporada seca comienza en abril y termina en octubre. La vegetación corresponde a monte ribereño, presentando gramíneas, caña brava, arbustos, palmeras y en algunos casos cultivos de cacao, café y plátano (PEISA, 2003). El presente estudio se realizó en la intercuenca Alto Huallaga (Figura 1), que recorre cerca del 80 % del curso principal de toda la cuenca y comprende el recorrido desde su origen en Pasco, atravesando Huánuco hasta antes de la provincia de Juanjuí, en San Martín (ANA, 2009).

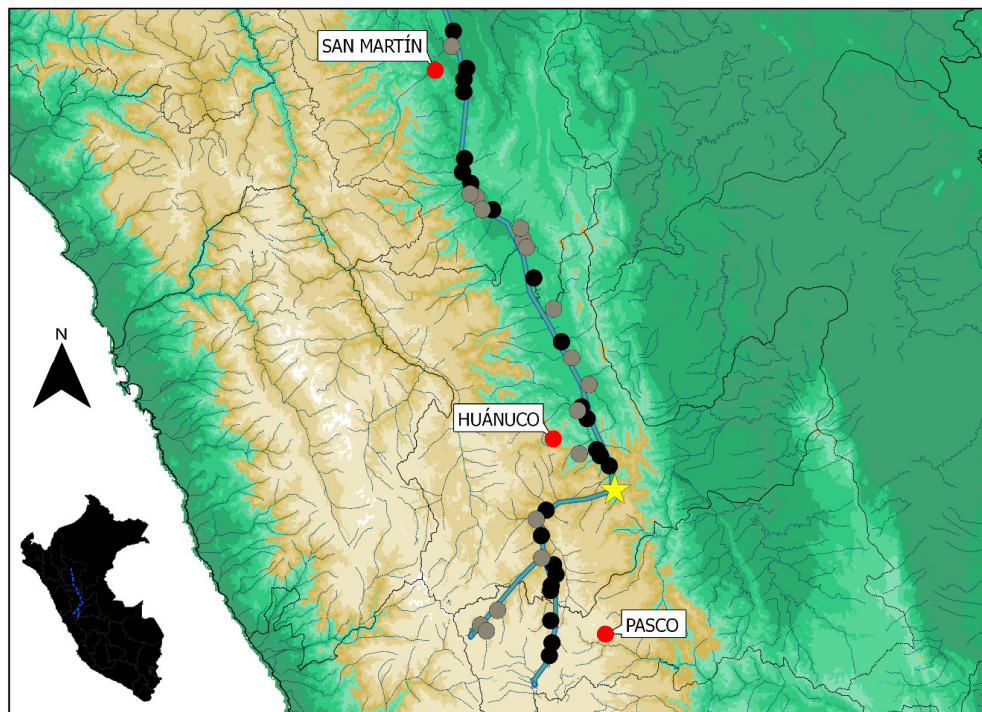


Figura 1. Estaciones de muestreo en la intercuenca Alto Huallaga en la zona centro oriental de Perú y la ubicación de la represa Chaglla (estrella). Donde, el curso principal del río y cada tributario está representado por un círculo negro y gris, respectivamente.

6.2.2.- Metodología de campo

Se realizaron dos salidas de campo, una en la temporada seca (setiembre – octubre, 2013) y la otra en la temporada lluviosa (marzo, 2014). Fueron evaluados 41 puntos de muestreo en aguas corrientes (23 en el curso principal y 18 en tributarios), en un gradiente altitudinal que varió entre 290 y 4069 m.s.n.m. (Tabla 1).

Tabla 1. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo en la temporada seca (2013) y lluviosa (2014) de la intercuenca Alto Huallaga.

PUNTO	ALTITUD (msnm)	Coordenadas geográficas (UTM)		NOMBRE
		LATITUD	LONGITUD	
LV01	290	308908	9205236	río Huallaga
LV02	295	307817	9195941	río Huayabamba
LV03	320	315545	9167586	río Huallaga
LV04	350	316215	9126068	río Huallaga
LV05	426	315644	9175432	río Huallaga
LV06	468	314927	9117676	río Huallaga
LV07	485	317305	9182133	río Huallaga
LV08	488	320115	9110714	río Huallaga
LV09	496	323501	9102302	río Cañuto
LV10	500	333836	9094332	río Huallaga
LV11	523	352695	9075806	río Huaynabe
LV12	537	359489	9052062	río Huallaga
LV13	543	351154	9083014	río Santa Rosa
LV14	566	327288	9094512	río Cachiyacu
LV15	547	354910	9071090	río Uchiza
LV16	546	319715	9104188	río Tocache
LV17	575	371678	9032934	río Nuevo Progreso
LV18	591	376767	9012502	río Huallaga
LV19	633	383104	9002298	río Pacae
LV20	667	393919	8985408	río Tigre
LV21	681	389288	8971382	río Huallaga
LV22	694	386861	8969122	río Monzón
LV23	729	392818	8964032	río Pavas + Huallaga
LV24	854	400936	8941002	río Huallaga
LV25	862	398771	8944728	río Huallaga
LV26	1066	406602	8934700	río Huallaga
LV27	1143	387947	8942200	río Chinchao
LV28	1885	367638	8906898	río Huallaga
LV29	1946	361486	8901248	río Laguna
LV30	2004	364693	8891056	río Huallaga
LV31	2134	365002	8877160	río Chaupiguaranga
LV32	2308	372356	8872958	río Huallaga
LV33	2556	373904	8866966	río Huallaga

PUNTO	ALTITUD (msnm)	Coordenadas geográficas (UTM)		NOMBRE
		LATITUD	LONGITUD	
LV34	2679	370904	8859878	río Huallaga
LV35	2731	370567	8856904	río Huallaga
LV36	2988	337832	8844492	río Chaupiguaranga
LV37	3343	370701	8838130	río Huallaga
LV38	3678	327426	8835198	Qda. s/n
LV39	3729	371544	8824322	río Huallaga
LV40	3771	331119	8831582	río Colorado
LV41	4069	369945	8816396	río Huallaga

6.2.2.1.- Descripción del ambiente

En cada punto de muestreo se registraron coordenadas geográficas (UTM) y la altitud (m.s.n.m.) (Tabla 1), se obtuvo un registro fotográfico (Anexo 3) y se realizó la descripción física del ambiente. Esta consistió en la identificación del tipo de sustrato, tipo y color aparente del agua (blanca, clara o negra; según Sioli, 1984), transparencia (cm.), profundidad, área de muestreo, amplitud del cauce, cobertura vegetal, tipo de orilla, velocidad de corriente, etc. Además, se realizó el registro de los parámetros fisicoquímicos del agua para lo cual, se usó un multiparámetro portátil (HANNA) que midió el pH (UI), conductividad ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$), sólidos totales disueltos (ppm) y temperatura ($^{\circ}\text{C}$); finalmente para la medida del oxígeno disuelto ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) se utilizó un oxímetro (YSIS).

6.2.2.2.- Colecta de peces

Según el tipo de hábitat, los peces fueron colectados empleando redes de arrastre a orilla (5 m x 2 m y 5 mm de abertura de malla), atarraya (8 kg y 10 mm de abertura de malla) y redes de mano (5 mm de abertura de malla). El arrastre a orilla y contra la vegetación, se realizó en puntos de muestreo que presentaron orilla o un paredón, la atarraya fue utilizada donde había pozos o agua torrentosa y la red de mano fue necesaria en áreas con palizada. Procurando que se desarrolle el mismo esfuerzo de captura en cada punto de muestreo, se realizó un máximo de diez lances con la red de arrastre, cinco con la atarraya y aproximadamente cinco lances con la red de mano.

La mayoría de los peces colectados se fijaron con formol (10 %) en recipientes herméticos, a excepción de los ejemplares que superaron los 15 cm de longitud estándar que adicionalmente fueron inyectados con formol (10 %) en la región ventral para asegurar su buena fijación. Luego de 48 horas, los ejemplares fijados fueron enjuagados con agua potable, envueltos en gasa humedecida con alcohol (70 %) y embalados en bolsas plásticas portando información relevante del punto de muestreo al que pertenecen. Finalmente fueron transportados al Departamento de Ictiología del Museo de Historia Natural para su posterior identificación.

6.2.3.- Metodología de laboratorio

6.2.3.1.- Identificación

En el laboratorio, los ejemplares fueron desembalados, separados en morfotipos y se incluyó una etiqueta provisional con información relevante (estación, coordenadas y fecha de colecta) en cada frasco que los contenía. Para la identificación de los ejemplares, se realizaron medidas morfométricas, observación morfológica y registros merísticos con la ayuda de un microscopio estereoscópico (LEICA), calibrador digital (Mitutoyo serie 500, con precisión de 0,1 mm), claves taxonómicas, y bibliografía disponible y especializada. Entre estas destacan: Géry (1977) y Vari (1989; 1998) para el orden Characiformes; Burgess (1989) para el orden Siluriformes; Mago-Leccia (1984) y Albert (2001) para el orden Gymnotiformes; Kullander (1986) para el orden Perciformes, entre otros.

Luego de la identificación, los diferentes lotes fueron colocados definitivamente en frascos plásticos con alcohol (70 %) para su preservación, se les asignó un código de ingreso a la colección de peces del Museo de Historia Natural (MUSM) y se les incluyó una etiqueta definitiva con información como: código MUSM, nombre de la especie, localidad, altitud, coordenadas y fecha del lugar de colecta, nombre del colector y determinador, y número de individuos (Anexo 2). Finalmente, todos los lotes fueron depositados en la colección, bajo el orden que esta mantiene, evolutivo (entre órdenes

y familias) y alfabético (entre géneros y especies), según las publicaciones propuestas por Reis *et al.* (2003) y Ortega *et al.* (2012), y según la clasificación reciente de Eschmeyer *et al.* (2017) (Electronic version accessed 2017, Academia de Ciencias de California).

V.2.3.2.- Caracterización funcional

Para realizar la caracterización funcional de los peces, se asignó a cada especie un grupo funcional de acuerdo a Maldonado-Ocampo *et al.* (2005) y Jaramillo-Villa *et al.* (2010). Esta asignación está basada en la forma del cuerpo, uso del hábitat, adaptaciones morfológicas y/o comportamentales, lo que permitió que las especies fueran clasificadas en cinco grupos: peces de torrente, peces bentónicos de no torrente, peces de pozas (remanso), peces pelágicos y peces reofílicos (Tabla 2). La información sobre el uso de hábitat para cada especie fue complementada con observaciones de campo e información de la literatura (Froese & Pauly, 2008; Winemiller *et al.*, 2008).

Tabla 2. Criterio usado para definir los grupos funcionales de los peces en el gradiente altitudinal de la intercuenca Alto Huallaga.

Grupo Funcional	Tamaño del cuerpo	Forma del cuerpo	Adaptaciones morfológicas y/o comportamentales	Hábitat
Peces de torrente	Pequeño a mediano	Deprimido	Presentan vejiga gaseosa reducida que les permite adherirse a las rocas y moverse río arriba en corrientes rápidas. Además, boca a manera de ventosa, odontodes u otros apéndices que les permite sujetarse al sustrato.	Rápidos y aguas de torrente
Peces bentónicos de no torrente	Mediano a grande	Deprimido	Presentan boca a manera de ventosa, barbillas bien desarrolladas y vejiga natatoria reducida que les permite vivir sobre el sustrato. Algunas especies tienen diferente tipo de migraciones.	Lecho del río
Peces de pozas	Pequeño a mediano	Comprimido	Presentan vejiga natatoria bien desarrollada y viven en bancos de arena.	Remansos, pozas
Peces pelágicos	Amplio rango de tamaño	Fusiforme con forma hidrodinámica	No realizan migraciones.	Columna de agua de corrientes rápidas y pozas
Peces reofílicos	Mediano a grande	Fusiforme o deprimido con forma hidrodinámica	Realiza migraciones medianas y largas.	Columna de agua de corrientes rápidas y pozas

Fuente: Maldonado-Ocampo *et al.* (2005)

6.3.- Análisis de datos

6.3.1.- Parámetros fisicoquímicos del agua

a) Análisis temporal

Para el análisis de los parámetros fisicoquímicos evaluados (temperatura del agua, conductividad, sólidos totales disueltos, pH y oxígeno disuelto), se elaboró una tabla comparativa entre estos parámetros por cada punto de muestreo para las dos temporadas evaluadas. Luego, se obtuvieron los estadísticos descriptivos (media y desviación estándar) por cada temporada. Posteriormente, se realizaron análisis exploratorios a través de diagramas de cajas para verificar parámetros sin/con superposición de los cuartiles, donde los parámetros que presentaron ninguna o una mínima superposición reflejaron los cambios de este parámetro en las temporadas evaluadas, a diferencia de los parámetros que presentaron superposición de cuartiles siendo los que no reflejaron ningún cambio. Para confirmar si los análisis gráficos fueron estadísticamente diferentes, fue realizado un análisis Test t-Student ($p < 0,05$), luego de probar los presupuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas (Test de Levene). Cuando los presupuestos no fueron cumplidos, fue realizado un Test t-Student para varianzas separadas ($p < 0,05$). Todos los análisis descritos fueron realizados en el programa STATISTICA 7.1 (StatSoft, Tulsa, OK).

Para visualizar la existencia de patrones que denoten diferencias entre la temporada seca y lluviosa, se realizó un análisis de componentes principales (PCA) en el programa PC-Ord 5 (Grandin, 2006) con los valores estandarizados de los cinco parámetros evaluados en cada uno de los 41 puntos de muestreo. Para determinar los componentes principales retenidos por el análisis fue utilizada la aleatoriedad obtenida por el modelo del paloquebrado (broken-stick model) con corte 0,7. Posteriormente, para verificar si la diferencia observada en el PCA fue significativa ($p < 0,05$) se realizó un análisis multivariado de permutación de varianzas (PERMANOVA) con 9999 replicaciones usando el programa PRIMER 6 con PERMANOVA+ (Clarke & Gorley, 2006).

b) Análisis espacial

Además del análisis temporal de los parámetros fisicoquímicos, se realizó un análisis por sectores (bajo, medio y alto) definidos lo largo del gradiente altitudinal para las dos temporadas evaluadas, donde el sector bajo comprendió desde los 290 hasta los 750 m.s.n.m., el sector medio hasta los 2000 m.s.n.m. y el sector alto hasta los 4069 m.s.n.m. Se obtuvieron los estadísticos descriptivos (media y desviación estándar) por cada temporada para cada sector evaluado y posteriormente se realizaron análisis exploratorios a través de diagramas de caja para verificar parámetros sin/con superposición de los cuartiles para cada temporada. Los parámetros que presentaron ninguna o una mínima superposición reflejaron los cambios de este parámetro en los sectores evaluados, a diferencia de los parámetros que presentaron superposición de cuartiles y que no reflejaron ningún cambio.

Para confirmar si los análisis gráficos fueron estadísticamente diferentes, se realizó un análisis de varianza ANOVA one-way ($p < 0,05$) luego de probar los presupuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas (Test de Levene). Cuando los presupuestos fueron cumplidos y el análisis fue significativo, indicó la existencia de diferencias entre los sectores comparados. Así, surgió la necesidad de realizar comparaciones *a posteriori* todo contra todo para detectar cuáles eran esas diferencias, por lo que se realizó el Test de Tukey ($p < 0,05$). Cuando los presupuestos no fueron cumplidos y algún parámetro presentó varianzas heterogéneas se realizó una transformación de los datos con logaritmo en base 10 para homogenizar las varianzas. Si luego de realizar la transformación, el parámetro continuó presentando varianzas heterogéneas, se realizó el análisis no paramétrico Kruskal-Wallis. Todos los análisis descritos fueron realizados en el programa STATISTICA 7.1 (StatSoft, Tulsa, OK).

Para visualizar la existencia de patrones que sugieran diferencias entre los sectores delimitados, se realizó un análisis de componentes principales (PCA) con los valores estandarizados de los parámetros evaluados en cada uno de los 41 puntos de muestreo por cada temporada, en el programa PC-Ord 5 (Grandin, 2006). Para

determinar los componentes principales retenidos por el análisis fue utilizada la aleatoriedad obtenida por el modelo del paloquebrado (broken-stick model) con corte 0,7. Posteriormente, para verificar si la diferencia observada en el PCA fue significativa ($p < 0,05$) se realizó un análisis multivariado de permutación de varianzas (PERMANOVA) con 9999 replicaciones. Cuando el análisis fue significativo se realizó una PERMANOVA por pares para detectar diferencias entre los tres sectores evaluados, usando el programa PRIMER 6 con PERMANOVA+ (Clarke & Gorley, 2006). Finalmente, se realizaron gráficos de dispersión de cada parámetro para visualizar las tendencias de los valores en el gradiente altitudinal por cada temporada evaluada usando el programa STATISTICA 7.1 (StatSoft, Tulsa, OK).

6.3.2.- Ictiofauna

La diversidad de especies en una comunidad local puede ser muy diferente a la diversidad de una comunidad ampliamente distribuida, debido a que los patrones de diversidad cambian a través de las escalas espaciales (Crist *et al.*, 2003). A lo largo de los años, el análisis de los patrones escala-dependientes de la riqueza de especies se han centrado en los cambios en la relación especie-área sobre un rango continuo de escalas espaciales (Willis y Whittaker, 2002). Sin embargo, la partición aditiva o multiplicativa de la diversidad es otro enfoque para analizar los patrones de diversidad (Chao *et al.*, 2012). Este enfoque presenta un interés por el trabajo de Lande (1996), quien aplicó los términos de Whittaker a la partición de la riqueza total de especies (diversidad gamma), de una región o unidad espacial, en componentes alfa y beta (Crist *et al.*, 2003), siendo la diversidad beta la diferencia en la diversidad asociada a las diferencias en el hábitat, y la diversidad alfa (o riqueza) la diversidad de un hábitat o la de una comunidad local (Levin *et al.*, 2009). Esta última, es la expresión de dos componentes: el número de especies presentes en la comunidad (riqueza de especies) y la equitatividad que se refiere a cómo la abundancia se distribuye entre las especies de la comunidad.

Con el objetivo de medir estos componentes, se crearon diferentes índices conocidos como índices de riqueza o índices de equitatividad, donde los índices que combinan en un solo valor ambos componentes se conocen como índices de diversidad (Jost *et al.*, 2012). A pesar de su amplio uso, estos índices están basados en conceptos de diversidad poco claros, y su definición y cuantificación continúan generando polémica. Lo que se ha traducido en el uso de los índices de diversidad sin un entendimiento adecuado de sus significados. Por ejemplo, el índice de Shannon fue creado para medir la entropía en la teoría de la comunicación, y no necesariamente la diversidad de una comunidad (Moreno *et al.*, 2011).

Por otro lado, Jost (2006) redescubrió los números efectivos también conocidos como números de Hill y acuñó el término “diversidad verdadera” para referirse de manera específica a medidas que conservan las propiedades del concepto de diversidad y así diferenciarlas de la gran cantidad de índices que se conocen como diversidad y que no cumplen con las propiedades intuitivas (Moreno *et al.*, 2011). Actualmente, el cálculo de los números efectivos de especies, se ha incorporado en algunos programas computacionales para la evaluación de la diversidad, haciéndose evidente su importancia e impacto. Además, se continúa realizando la incorporación de estas medidas en comentarios y revisiones conceptuales sobre la diversidad de especies (e.g. Moreno y Rodríguez, 2010; Tuomisto, 2010a, 2010b; Jost *et al.*, 2012). Así como, en trabajos que buscan evaluar adecuadamente los cambios espaciales y temporales de la diversidad de especies para evitar errores de conservación con resultados potencialmente equivocados (e.g. García-Morales *et al.*, 2011; Moreno *et al.*, 2011; Jost *et al.*, 2012; Carvajal-Quintero *et al.*, 2015).

6.3.2.1.- Riqueza y abundancia de especies

Para entender cómo se relaciona la ictiofauna con las variaciones espaciales y temporales, se analizó la riqueza y la abundancia de especies obtenida en los tres sectores delimitados a lo largo del gradiente altitudinal; así como, en las dos temporadas

evaluadas. Se consideró a la riqueza (S) como el número de especies registradas en el área de estudio por temporada de evaluación, mientras que la abundancia (N) fue el número de individuos de la misma especie obtenidos en un mismo punto de muestreo y temporada, donde al expresarse en porcentaje se obtuvo la abundancia relativa. Para conocer cómo varía la presencia de las especies en el gradiente altitudinal, se realizó un gráfico de distribución en el programa estadístico R usando el paquete ggplot2.

6.3.2.2.- Diversidad alfa

a) Índices de diversidad

Por lo considerado anteriormente, la diversidad alfa (o riqueza) fue calculada usando los números efectivos (0D) creados por Hill (1973), quién sugirió realizar transformaciones matemáticas a los índices de diversidad tradicionales debido a que presentan diferentes unidades lo que dificulta su comparación e interpretación (e.g.; el índice de Simpson no tiene unidades; el índice de Shannon-Wiener se expresa como bits/individuo, si la base del logaritmo es 2, o decits/individuo, si la base del logaritmo es 10, y nits/individuo si se utilizan logaritmos naturales).

Por lo que se presenta la denominada serie de números efectivos de diversidad (D):

- Número 0: ${}^0D = S$, donde S = número de especies,
- Número 1: ${}^1D = e^{H'}$, donde H' = índice de Shannon-Wiener (calculado con logaritmos naturales), y
- Número 2: ${}^2D = 1/DSi$, donde DSi = índice de Simpson

Estos números efectivos de diversidad, presentan como unidad de medida al número de especies, miden lo que se conoce como el número efectivo de especies presentes en una muestra y son una medida de la distribución de las abundancias relativas entre las especies. Donde, 0D es el 'número total de especies' de la muestra y no es sensible a la abundancia de las especies así que da un gran peso a las especies

raras (Jost, 2006); 1D es el 'número de las especies abundantes', donde el peso de cada especie es de acuerdo a su abundancia en la muestra por lo tanto puede ser interpretado como un número común de especies en la comunidad (Chao *et al.*, 2012) y 2D es el 'número de las especies muy abundantes en la muestra, favoreciendo a las especies muy abundantes y puede ser interpretado con el número de especies dominantes en la comunidad (Chao *et al.*, 2012). Es decir, el número efectivo de especies es una medida del número de especies en la muestra donde cada especie es ponderada por su abundancia ($^0D > ^1D > ^2D$). Los números de Hill fueron calculados en el programa estadístico PRIMER 6 con PERMANOVA+ (Clarke & Gorley, 2006).

b) Diversidad en el gradiente altitudinal

Para conocer cómo varió la diversidad de la ictiofauna en el gradiente altitudinal, se realizaron gráficos de dispersión en el programa estadístico STATISTICA 7.1 (StatSoft, Tulsa, OK).

c) Curvas de acumulación

Además, para establecer la representatividad del muestreo y comparar los valores de riqueza observados con los valores estimados en cada temporada evaluada, se elaboraron curvas de acumulación de especies a partir de los datos de abundancia empleando el programa EstimateS versión 9.10 (Colwell, 2006). En el presente trabajo se utilizaron estimadores no paramétricos de riqueza específica (Chao 2, Jackknife 1, Bootstrap) y un estimador no paramétrico de especies en relación con su abundancia (Chao 1), donde Chao 2 estimó el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies únicas (que sólo aparecen en una muestra) y el número de especies duplicadas (que aparecen compartidas en dos muestras), Jackknife 1 estimó el número de especies esperadas considerando el número de especies que solamente ocurren en una muestra o/además de las que ocurren solamente en dos muestras, y Bootstrap estimó la riqueza de especies a partir de la proporción de

muestras que contienen a cada especie (Umaña *et al.*, 2004). Por otro lado, Chao 1 estimó el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies representadas por un individuo (singletons) y el número de especies representadas por dos individuos en las muestras (doubletons) (Umaña *et al.*, 2004).

6.3.2.3.- Diversidad beta

La diversidad beta es la medida del grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre las comunidades que se encuentran en un área amplia, evaluada principalmente teniendo en cuenta proporciones o diferencias (Umaña *et al.*, 2004). Las proporciones pueden evaluarse con ayuda de índices; así como, de coeficientes que nos indican qué tan similares/disimilares son dos comunidades o muestras. Muchas de estas similitudes y diferencias también se pueden expresar o visualizar por medio de distancias (Umaña *et al.*, 2004). Los métodos para cuantificar la diversidad beta se pueden dividir en dos clases: de similitud-disimilitud y los de recambio/reemplazo de especies. La diversidad beta también se puede analizar a través de métodos de clasificación o de ordenación, los cuales se basan en análisis de matrices ya sea a partir de datos cualitativos o cuantitativos, en los que las muestras pueden ser las diferentes comunidades y se ordenan según las especies encontradas en cada una de ellas (aquí se incluyen los clásicos dendrogramas y análisis de agrupamiento) (Umaña *et al.*, 2004).

Así, se calculó la diversidad beta usando el índice de Sorensen (métodos cualitativos de similitud/disimilitud) y análisis de agrupamiento clúster (método de ordenación y clasificación), donde el índice de Sorensen expresó la semejanza entre dos muestras sólo considerando la composición de especies. Por otro lado, el análisis de agrupamiento se realizó aplicando el índice de similitud Bray-Curtis, donde previamente se realizó la transformación logarítmica de las abundancias para normalizar los datos. El cálculo del índice de Sorensen y el análisis de clúster fue realizado en el programa PRIMER 6 con PERMANOVA+ (Clarke & Gorley, 2006).

6.3.2.4.- Estructura comunitaria

La estructura comunitaria de la ictiofauna está conformada por las especies dominantes (frecuentes y abundantes en todo el estudio) y las especies raras (infrecuentes o escasas). Para identificar los cambios en la estructura comunitaria de los peces, se evaluó la dominancia y rareza de las especies en cada temporada y entre los diferentes niveles altitudinales evaluados. La dominancia fue obtenida mediante el ranking decreciente de la abundancia de especies para cada temporada y nivel altitudinal, donde se consideró como especies dominantes las que en conjunto representaron el 90 % de la abundancia total. Por otro lado, la rareza de especies fue evaluada para cada temporada, donde se consideró como especie rara a la que representó sólo un ejemplar en la temporada correspondiente.

6.3.2.5.- Grupos funcionales

Luego de la asignación funcional basada en la forma del cuerpo, uso del hábitat, adaptaciones morfológicas y/o comportamentales (peces de torrente, peces bentónicos de no torrente, peces de poza, peces pelágicos y peces reofílicos – Tabla 2), se calculó la presencia (%) de cada grupo funcional en cada nivel altitudinal.

6.3.3.- Ictiofauna y ambiente

Para explorar la relación entre la ictiofauna y los parámetros fisicoquímicos en cada temporada evaluada, se realizó un análisis de correspondencia canónica (CCA) en el programa PC-Ord 5 (Grandin, 2006). Posteriormente, se graficó la dispersión de los elementos en el programa STATISTICA 7.1 (StatSoft, Tulsa, OK).

6.3.4.- Evaluación del estado de conservación

Tradicionalmente, el estado de conservación de los ecosistemas acuáticos se ha establecido mediante el análisis de la calidad del agua basado en los parámetros fisicoquímicos; sin embargo, en la actualidad se ha complementado con el método

biológico mediante el uso de comunidades biológicas (Custodio *et al.*, 2017), debido a que los parámetros fisicoquímicos proporcionan información parcial y puntual; mientras que, el control biológico proporciona una visión integrada y extendida en el tiempo sobre la calidad y estado de conservación de los ambientes acuáticos, es decir, refleja las condiciones existentes tiempo atrás del muestreo (Castro y Casatti, 1997).

De esta manera, el estado de conservación será determinado a través de la comparación de los parámetros fisicoquímicos con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM) de acuerdo a lo establecido en la Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA, que aprueba la clasificación de los cuerpos de agua superficiales y marino-costeros, donde el río Huallaga se encuentra dentro de la Categoría 3 “Riego de vegetales y bebida de animales”, en las subcategorías D1 “Riego de vegetales (restringido y no restringido)” y D2 “Bebida de animales” y dentro de la categoría 4 “Conservación del ambiente acuático”, en la subcategoría E2 “Ríos”.

Además, se determinará el estado de conservación en base a la presencia de las especies de peces que interactúan siguiendo procesos naturales y funcionales de la comunidad (Velásquez y Vega, 2004). Entre las comunidades acuáticas, la ictiofauna es considerada un excelente indicador de las condiciones encontradas en estos ambientes porque son organismos relativamente fáciles de capturar e identificar, existe amplia información sobre la historia de vida de muchas especies y son los organismos mejor conocidos de estos hábitats (Velásquez y Vega, 2004). Además, la ictiofauna exhibe una amplia diversidad morfológica y ecológica que refleja la gran variedad de nichos ecológicos, diferentes modos reproductivos, amplia variedad de representantes de diferentes niveles tróficos y el uso de diferentes modos sensoriales (Motta *et al.*, 1995), que puede proporcionar una medida del impacto en los ecosistemas, ya que puede reflejar los efectos de factores estresantes en el sistema (Barbour *et al.*, 1999).

Entre las diferentes propuestas para medir el estado de conservación de un ambiente, el índice de integridad biológica (IBI, por sus siglas en inglés) es un sistema

de calificación de hábitat que evalúa la condición de cuerpos de agua basado en la comunidad de peces (Ortega *et al.*, 2007). Este índice fue diseñado para regiones templadas por Karr (1981) y perfeccionado por Karr (1991), posteriormente fueron desarrolladas y adaptadas muchas versiones para diferentes regiones y ecosistemas. En Sudamérica se destacan los trabajos realizados por: Araujo (1998) quien modificó el IBI para el río Paraíba del Sur en Brasil; Rodríguez–Olarte *et al.*, (2007) quienes modificaron el IBI para vertientes del Caribe Venezolano y Ortega *et al.*, (2007) quienes adaptaron el IBI para ecosistemas tropicales de Perú (Valenzuela, 2014).

El IBI está diseñado y adaptado a partir de tres categorías básicas de las comunidades de peces: riqueza y composición de especies, estructura trófica y, condición y abundancia de los peces (Tabla 3). Estas categorías agrupan 12 métricas: riqueza de especies (métrica 1), número de especies registradas en cada localidad y la composición (métricas 2, 3 y 4) que involucra órdenes representativos (Characiformes, Siluriformes y Gymnotiformes). En las métricas 5 y 6, presencia de otros órdenes y especies tolerantes, respectivamente. En la categoría de estructura trófica (métricas 7, 8 y 9), presencia de peces omnívoros, detritívoros y carnívoros, respectivamente. Finalmente, la abundancia (métrica 10), número de ejemplares saludables (métrica 11) y número de peces lesionados (métrica 12) (Ortega *et al.*, 2010).

El puntaje que recibe cada métrica, en cada punto de muestreo, puede ser uno para un valor mínimo de la métrica, tres como valor intermedio y cinco como valor máximo (Tabla 3). Luego de calificar cada métrica, se suma el puntaje de las 12 y al valor de IBI obtenido se le atribuye una clase de integridad biológica respectiva, donde los valores extremos son 60 para ambientes con condiciones prístinas y 12 para un estado impactado o muy degradado (Ortega *et al.*, 2007). Usualmente, las clases son concedidas en los siguientes intervalos: pésima (12 - 20 puntos), mala (21 - 30), regular (31 - 40), buena (41 - 50) y excelente (51 - 60).

Tabla 3. Puntuación utilizada en la determinación del Índice de Integridad Biológica (IBI) para comunidades de peces.

CATEGORÍA / MÉTRICA	PUNTUACIÓN		
	5	3	1
Riqueza y composición de especies			
1.- Número de especies	> 80	40 - 80	< 40
2.- Número de Characiformes	> 16	10 - 16	< 10
3.- Número de Siluriformes	> 13	8 - 13	< 8
4.- Número de Gymnotiformes	> 22	13 - 22	< 13
5.- Otros	0	1 – 16 %	16 %
6.- Presencia de especies tolerantes	0	1	> 2
Composición trófica de las especies			
7.- Omnívoros	< 20 %	20 – 45 %	> 45 %
8.- Detritívoros	> 2 %	1 %	0 %
9.- Carnívoros	> 3 %	1 – 2 %	0 %
Abundancia y condición de los peces			
10.- Número de individuos	> 80	48 - 80	< 48
11.- Saludables	> 6 %	1 – 6 %	0 %
12.- Lesionados	0 %	1 – 2 %	> 3 %

En el presente trabajo, el IBI fue determinado para el sector bajo de la intercuenca Alto Huallaga (290 – 750 m.s.n.m.) para cada temporada evaluada (seca y lluviosa). En la categoría de riqueza y composición de especies, se tomó en cuenta el número total de especies obtenidas por estación y el orden al que pertenecen; para determinar la métrica de especies tolerantes se asignó la característica de tolerante (T) a cada especie según información bibliográfica. En la categoría de composición trófica se usó bibliografía correspondiente a hábitos alimenticios de las especies encontradas o taxa afines para establecer los siguientes grupos tróficos: omnívoros, herbívoros (alguívoros, detritívoros, etc.) y carnívoros (invertívoros, piscívoros, etc.) (Anexo 9). Para la categoría de abundancia y condición de los peces, fue determinado el número total de ejemplares colectados por estación y el estado físico que presentaron en campo. Con respecto a la puntuación y clasificación de la condición que presentaron los ambientes evaluados, se siguió la propuesta de Meza (2014), quién trabajó en un sector

del río Huallaga. Así, las clases fueron concedidas en los siguientes intervalos: pobre (12 - 24 puntos), regular (25 - 36), bueno (37 - 48) y excelente (49 - 60).

VII.- RESULTADOS

7.1.- Descripción del ambiente acuático

7.1.1.- Descripción física de los ambientes acuáticos

En general, en el sector alto (> 2000 m), el agua fue clara (color transparente) en todos los puntos de muestreo en la temporada seca; pero, en los puntos cercanos al sector medio fueron de color beige en la temporada lluviosa. En el sector medio (750 – 2000 m), el agua fue clara en la temporada seca y blanca en la temporada lluviosa mientras que el sector bajo (< 750 m) presentó agua color beige en ambas temporadas. La mayor profundidad de muestreo (1,60 m) fue registrada en el río Huayabamba (LV02, 295 m.s.n.m.) en la temporada lluviosa y la menor profundidad (0,40 m) en el río Huallaga (LV41, 4069 m.s.n.m.) en la temporada seca. En esta temporada, la amplitud del cauce varió entre 1 y 45 m mientras que en la temporada lluviosa varió entre 3 y 60 m. En ambas temporadas, la velocidad de la corriente fue rápida en el sector alto, regular en el sector medio y moderado bajo a moderado alto en el sector bajo. El sustrato arenoso fue característico de la zona baja, mientras que el sustrato pedregoso fue representativo de los puntos de muestreo ubicados a mayor altitud. La vegetación ribereña estuvo presente en el sector bajo y fue escaso en el sector alto. En el anexo 4 y 5, se presentan los datos descriptivos del hábitat para la temporada seca y lluviosa, respectivamente. A continuación, se describen las principales características de los sectores delimitados en el área de estudio.

El sector alto está ubicado en la región Pasco y Huánuco, desde los 2004 m.s.n.m. hasta los 4069 m.s.n.m. Está conformado por los ríos Huallaga, Chaupiguaranga y Colorado, y por una quebrada s/n (Figura 2). En ambas temporadas, el sustrato generalmente estuvo compuesto por piedras grandes (80 %) y arena (20 %) a excepción del río Chaupiguaranga (LV31) que presentó piedras pequeñas y medianas

(90 %), y fango (10 %). La vegetación ribereña, en ambas temporadas, estuvo alejada en los puntos más altos y continuó siendo escasa y más cercana en los siguientes puntos de muestreo, evidenciándose márgenes expuestos. En la temporada seca, el ancho del cauce varió de 1 – 15 m, la profundidad máxima de muestreo, de 0,4 – 1,3 m y la transparencia, de 0,5 m a total. Mientras que, en la temporada lluviosa, el ancho del cauce varió de 3 – 25 m, la profundidad máxima de muestreo, de 0,6 – 1,5 m y la transparencia, de 0,25 a total (Anexo 4 y 5).

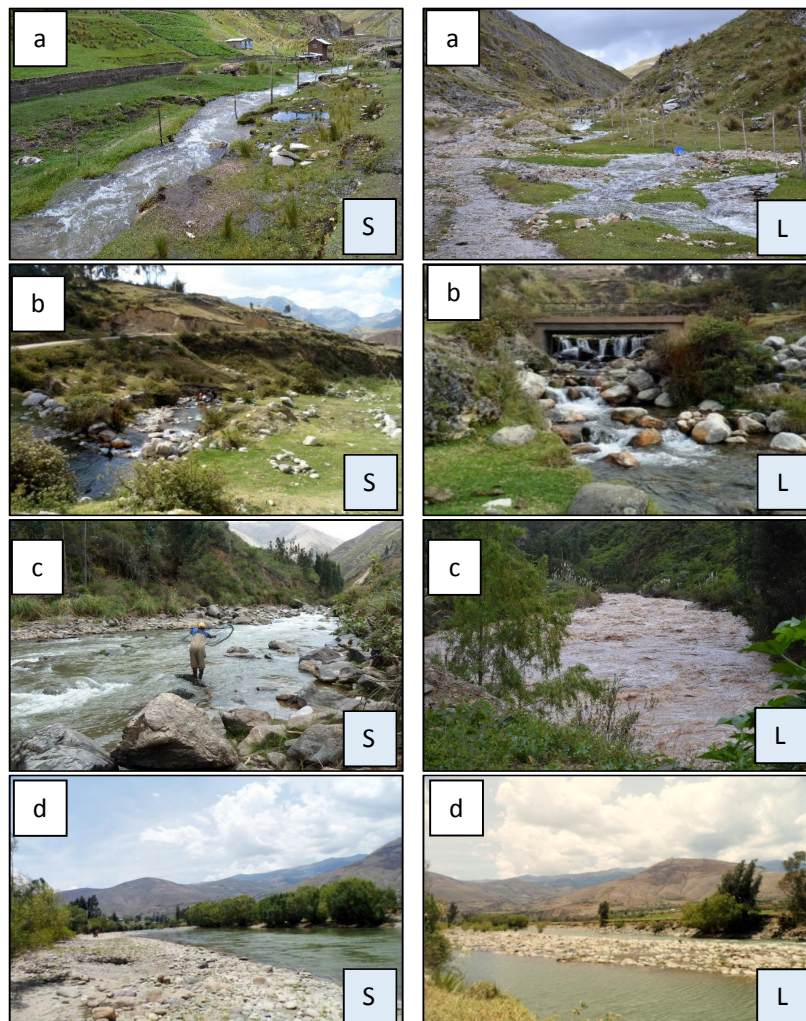


Figura 2. Puntos de muestreo evaluados en el sector alto de la intercuenca Alto Huallaga entre los años 2013 y 2014 durante la temporada seca (S) y lluviosa (L). En: a. río Huallaga (4069 m.s.n.m.), b. Quebrada s/n (3678 m.s.n.m.), c. río Chaupiguaranga (2988 m.s.n.m.), d. río Huallaga (2004 m.s.n.m.).

El sector medio está ubicado en la región Huánuco, desde los 729 m.s.n.m. hasta los 1946 m.s.n.m. Está conformado por los ríos Huallaga, Chinchao, Laguna y Pavas (Figura 3). En ambas temporadas, el sustrato generalmente estuvo compuesto por piedras medianas (70 %) y arena (30 %); a excepción del río Huallaga (LV23) que presentó piedras (65 %) y arcilla (35 %), y del río Huallaga (LV28) que presentó piedras (70 %) y fango (30 %). Además, algunos ríos cercanos a la hidroeléctrica Chaglla, presentaron el cauce alterado por lo que el sustrato fue sólo constituido por piedras. La vegetación ribereña, en ambas temporadas, estuvo cercana y abundante, evidenciándose márgenes protegidos a excepción de los ríos con cauce alterado que no tuvieron márgenes con vegetación ribereña.

En la temporada seca, el ancho del cauce varió de 10 – 25 m, la profundidad máxima de muestreo, de 1 – 1,4 m y la transparencia, de 0,15 m a total. Mientras que, en la temporada lluviosa, el ancho del cauce varió de 15 – 25 m, la profundidad máxima de muestreo, de 1,3 – 1,5 m y la transparencia, de 0,1 a 0,35 (Anexo 4 y 5).

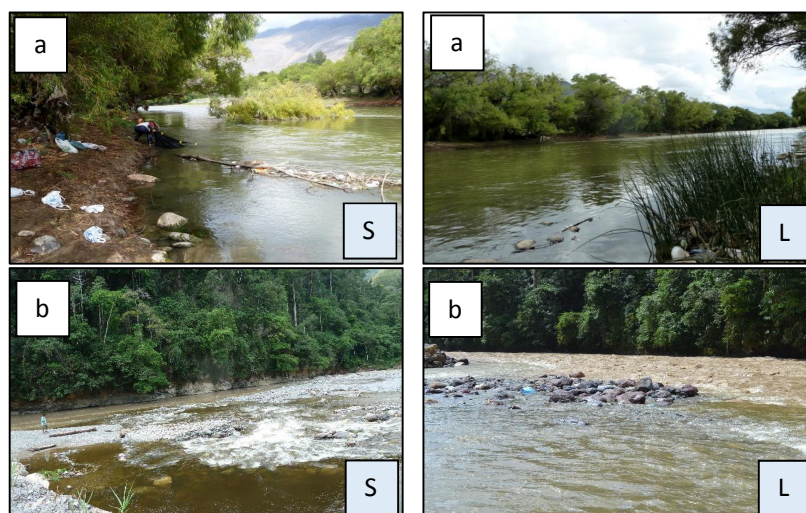


Figura 3. Estaciones evaluadas en el sector medio de la intercuenca Alto Huallaga entre los años 2013 y 2014 durante la temporada seca (S) y lluviosa (L). En: a. río Huallaga (1885 m.s.n.m.), b. río Huallaga (862 m.s.n.m.).

El sector bajo está ubicado en la región Huánuco y San Martín, desde los 290 m.s.n.m. hasta los 694 m.s.n.m. Está conformado por los ríos Huallaga, Huayabamba,

Monzón, Tigre, Tocache, Uchiza, entre otros (Figura 4). En ambas temporadas; el sustrato generalmente estuvo compuesto por arena (100 %), arena (90 %) y piedras (10 %), arena (85 %) y arcilla o fango (15 %), a excepción de algunos ríos que presentaron otras características (Anexo 4 y 5).

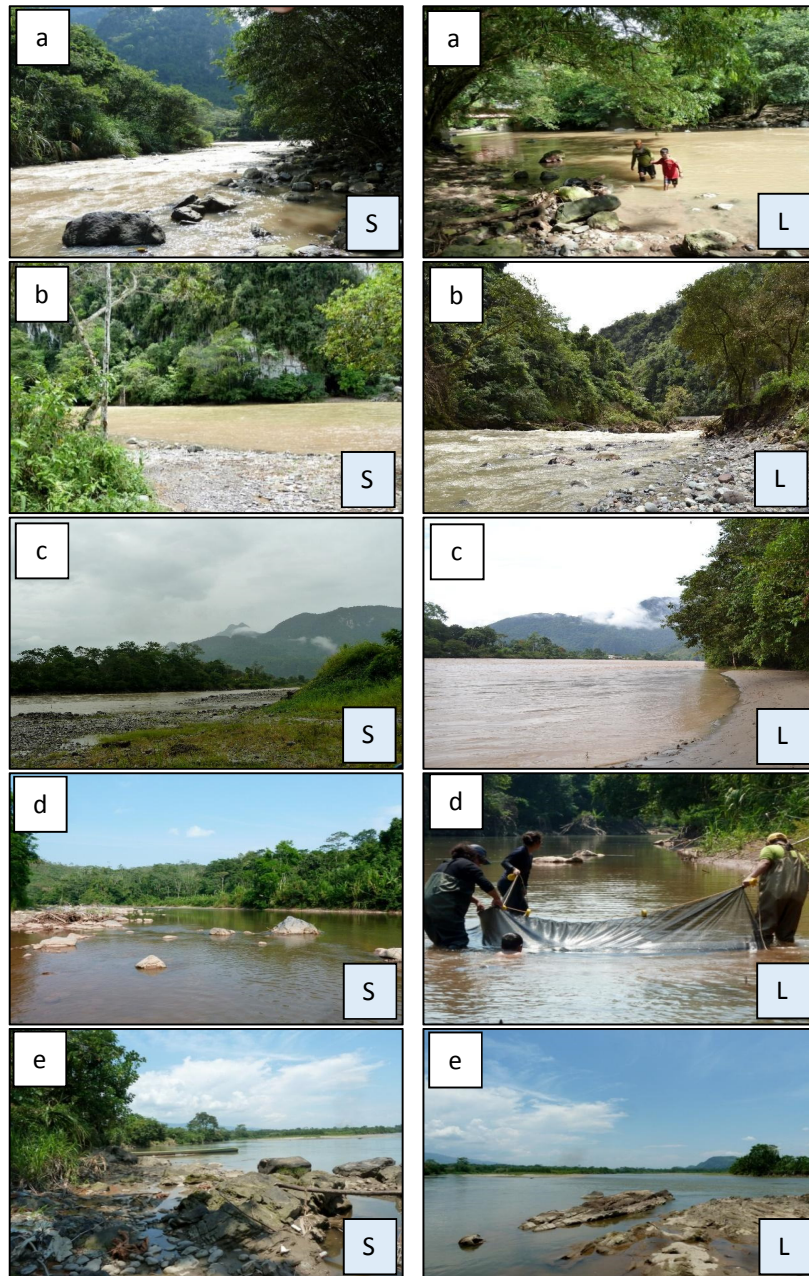


Figura 4. Estaciones evaluadas en el sector bajo de la intercuenca Alto Huallaga entre los años 2013 y 2014 durante la temporada seca (S) y lluviosa (L). En: a. río Pavas + río Huallaga (729 m.s.n.m.), b. río Monzón (694 m.s.n.m.), c. río Huallaga (681 m.s.n.m.), d. río Tigre (667 m.s.n.m.), e. río Huallaga (591 m.s.n.m.).

La vegetación ribereña en ambas temporadas, estuvo presente y abundante, evidenciándose márgenes protegidos, pero en la temporada seca se mantuvo aleja del cauce especialmente en los ríos de menor elevación. En la temporada seca, el ancho del cauce varió de 10 – 45 m, la profundidad máxima de muestreo, de 0,5 – 1,5 m y la transparencia, de 0,1 m a total. Mientras que, en la temporada lluviosa, el ancho del cauce varió de 15 – 60 m, la profundidad máxima de muestreo, de 1,35 – 1,6 m y la transparencia, de 0,1 a 0,4 (Anexo 4 y 5).

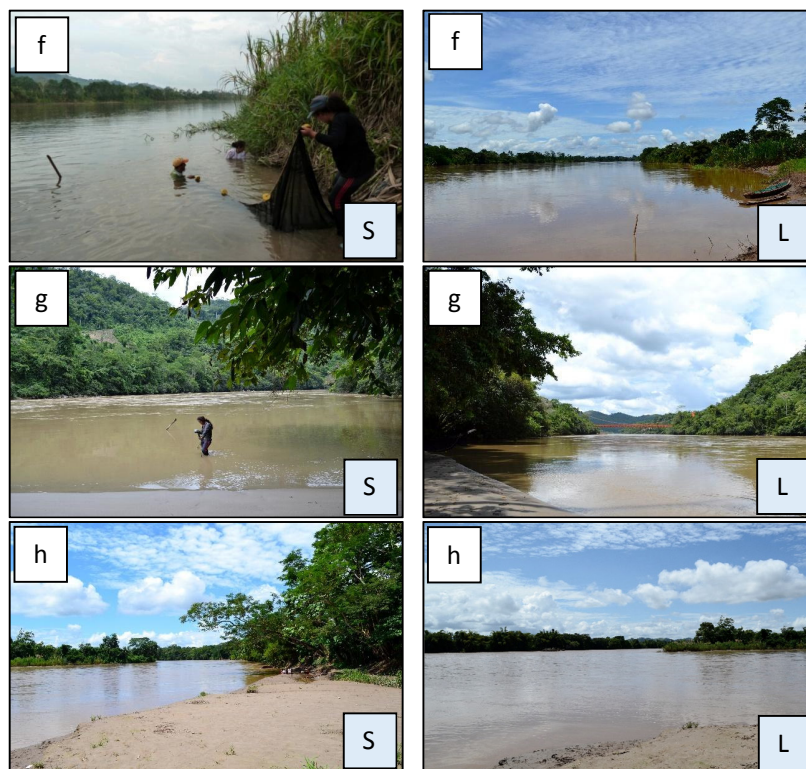


Figura 4 (Continuación). Estaciones evaluadas en el sector bajo de la intercuenca Alto Huallaga entre los años 2013 y 2014 durante la temporada seca (S) y lluviosa (L). En: f. río Tocache (546 m.s.n.m.) g. río Huayabamba (295 m.s.n.m.), h. río Huallaga (290 m.s.n.m.).

7.1.2.- Parámetros fisicoquímicos

a) Análisis por temporada

En la Tabla 4 se puede observar los valores obtenidos de los parámetros fisicoquímicos evaluados (temperatura del agua, pH, conductividad, oxígeno disuelto y

sólidos totales disueltos). En la temporada seca, la temperatura del agua varió de 13,6 a 33 °C; el pH, de 7,98 a 11 UI; el oxígeno disuelto, de 1,4 a 6,67 mg/L; la conductividad, de 0 a 699 uS/cm y los sólidos totales disueltos, de 0 a 353 ppm. A diferencia de la temporada lluviosa, donde, la temperatura del agua varió de 11,5 a 28,2 °C; el pH, de 6,42 a 9,85 UI; el oxígeno disuelto, 4,49 a 9,96 mg/L; la conductividad, de 8 a 596 uS/cm y los sólidos totales disueltos, de 4 a 291 ppm (Tabla 4).

Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos evaluados en la intercuenca Alto Huallaga durante las dos temporadas de colecta (2013 – 2014).

S	Estación	TEMPORADA SECA					TEMPORADA LLUVIOSA				
		T agua (°C)	pH (UI)	Cond (uS/cm)	OD (mg/L)	STD (ppm)	T agua (°C)	pH (UI)	Cond (uS/cm)	OD (mg/L)	STD (ppm)
BAJO	LV01	28,3	8,87	145	1,75	71	22,4	8	159	8,15	80
	LV02	27,4	8,05	187	1,68	89	21,4	7,08	128	8,63	64
	LV03	26,7	7,98	124	1,8	57	23,2	7,02	76	7,02	32
	LV04	25,9	9,21	136	1,5	67	21,5	7,31	65	6,68	29
	LV05	28,8	8,98	148	1,86	69	24,3	7,56	104	7,05	49
	LV06	28,5	9,31	122	1,8	54	21,4	7,46	161	7,52	81
	LV07	30,5	9,67	105	1,56	51,9	23,7	6,87	20	6,87	9
	LV08	33	10,5	195	1,4	99	22,4	7,55	8	7,92	4
	LV09	27,6	9,15	0	1,65	0	26,3	7,12	54	6,43	29
	LV10	27,3	9,6	9	1,9	5	23	6,82	167	6,25	84
	LV11	25	9,76	0	1,98	0	21,6	7,28	56	5,48	24
	LV12	27,4	9,28	195	2,1	94	25,1	7,15	299	5,46	148
	LV13	23,8	9,98	0	2,1	0	19,9	7,31	84	6,28	37
	LV14	28,3	9,37	47	1,92	23	21	7,44	17	8,13	8
	LV15	29	9,83	325	1,64	165	28,2	8,11	387	6,11	189
	LV16	23,2	10,21	0	2,1	0	22,7	7,6	29	6,88	15
	LV17	25,5	9,82	303	2,5	154	22,3	7,22	463	5,32	225
	LV18	26,5	8,8	0	2,95	0	22,7	6,42	88	5,93	39
	LV19	24,6	9,85	317	2,1	97	18,4	7,43	512	4,49	248
	LV20	25,3	9,75	15	2,9	4	23,5	7,12	198	6,21	93
	LV21	21,9	9,85	93	1,42	47	15,8	7,62	231	6,11	112
	LV22	23,5	8,94	50	2,49	25	17,7	6,83	143	5,98	69
	LV23	22,3	9,89	242	2,38	116	14,9	7,43	454	6,32	219
MEDIO	LV24	20	9,59	57	2,33	29	17,4	7,89	88	6,72	41
	LV25	22,2	11	480	2,5	244	19,2	9,85	420	7,11	198
	LV26	21,7	9,87	321	4,09	154	18,3	8,17	220	9,33	109

S	Estación	TEMPORADA SECA					TEMPORADA LLUVIOSA				
		T agua (°C)	pH (UI)	Cond (uS/cm)	OD (mg/L)	STD (ppm)	T agua (°C)	pH (UI)	Cond (uS/cm)	OD (mg/L)	STD (ppm)
ALTO	LV27	20,5	9,09	335	5,48	162	16,4	6,89	321	7,69	149
	LV28	18,8	9,85	356	2,35	188	14,7	7,47	455	6,88	223
	LV29	18,4	9,77	75	2,33	36	15,2	7,33	198	7,76	95
	LV30	17,5	10,75	342	6,67	134	15,1	8,35	596	9,02	291
	LV31	15	10,45	386	5,38	196	14,2	9,04	587	8,47	287
	LV32	17,2	10,81	398	4,65	188	13,6	9,45	498	8,43	246
	LV33	16,6	9,73	432	2,99	235	11,9	7,41	512	8,15	243
	LV34	13,9	10,43	478	5,58	235	12,7	8,23	508	9,08	250
	LV35	14,3	9,98	398	6,32	187	12,8	8,19	502	9,02	243
	LV36	15	10,2	423	6,5	218	11,9	8,15	514	9,05	248
	LV37	14	9,4	499	3,88	259	12,3	7,15	546	8,69	261
	LV38	14,8	10,15	340	6,58	348	12,9	8,24	440	9,96	213
	LV39	13,6	10,24	426	6,29	206	13,2	8,12	484	8,98	240
	LV40	13,8	9,04	699	6,35	353	11,5	7,88	582	9,74	288
	LV41	15,6	10,3	318	3,3	162	12,5	8,15	345	7,22	166
ECA ⁽¹⁾		N.A.	6,5 - 8,5	2500 (D1) 5000 (D2)	≥ 4 (D1) ≥ 5 (D2)	N.A.	N.A.	6,5 - 8,5	2500 (D1) 5000 (D2)	≥ 4 (D1) ≥ 5 (D2)	N.A.
ECA ⁽²⁾		N.A.	6,5 - 9,0	1000	≥ 5	N.A.	N.A.	6,5 - 9,0	1000	≥ 5	N.A.

(1) DS N° 004-2017-MINAM.- Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. Categoría 3, Riego de vegetales (D1) y bebida de animales (D2).

(2) DS N° 004-2017-MINAM.- Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. Categoría 4, Conservación del ambiente acuático, Ríos (E2). N.A.: No aplica.

Luego de presentar los valores máximos y mínimos de cada parámetro fisicoquímico en cada temporada, se indica el promedio de todos los valores registrados para cada parámetro; así como, la variación que presentan estos valores (Tabla 5).

Tabla 5. Estadísticos descriptivos de los parámetros fisicoquímicos evaluados en la intercuenca Alto Huallaga durante las dos temporadas de colecta (2013–2014). Donde, D.S. es la desviación estándar.

Parámetro fisicoquímico	SECA		LLUVIOSA	
	Media (Min-Max)	D.S	Media (Min-Max)	D.S
T agua (°C)	22,27 (13,6 - 33)	5,59	18,52 (11,5 - 28,2)	4,72
Ph (UI)	9,69 (7,98 - 11)	0,66	7,65 (6,42 - 9,85)	0,7
Cond (uS/cm)	232,22 (0 - 699)	177,96	285,83 (8 - 596)	198,35
OD (mg/L)	3,15 (1,4 - 6,67)	1,76	7,38 (4,49 - 9,96)	1,35
STD (ppm)	117,61 (0 - 353)	96,56	138,49 (4 - 291)	96,87

Según los diagramas de cajas (Figura 5), obtenidos para verificar si existe o no superposición de cuartiles, se definió si los parámetros reflejaron cambios en las temporadas evaluadas. Donde, los parámetros: conductividad ($p = 0,201$) y sólidos totales disueltos ($p = 0,331$) no presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las temporadas evaluadas (Figura 5). Mientras que, la temperatura del agua ($p = 0,002$), oxígeno disuelto ($p < 0,001$) y pH ($p < 0,001$) sí presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la temporada seca y lluviosa (Figura 5). Además, el oxígeno disuelto y pH, a diferencia de la temperatura del agua, presentaron una variación de valores visualmente evidentes entre ambas temporadas evaluadas (Tabla 5, Figura 5).

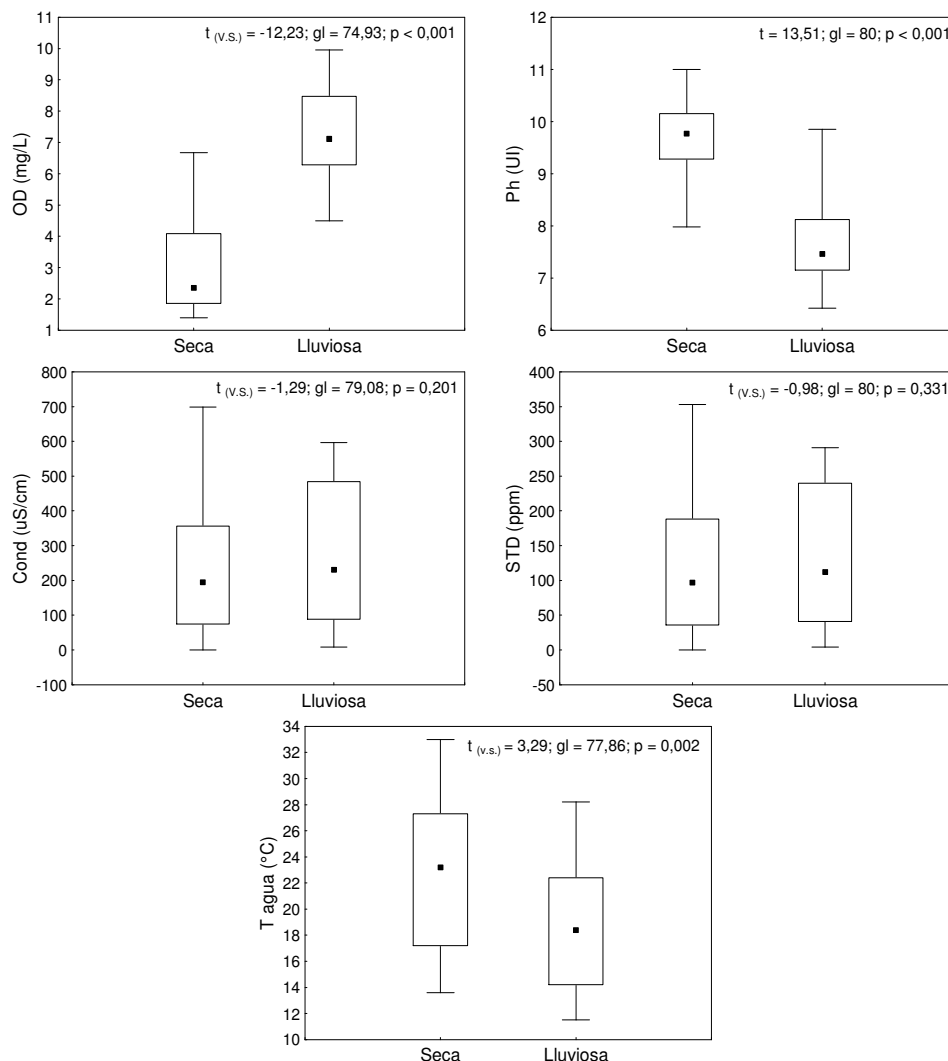


Figura 5. Diagramas de cajas de los cinco parámetros fisicoquímicos evaluados en las temporadas seca y lluviosa en la intercuenca Alto Huallaga durante los años 2013 y

2014. Los cuadrados pequeños representan las medianas, las cajas representan los intervalos intercuartiles (25 – 75 %), las barras muestran los intervalos de valores máximos y mínimos.

El análisis de componentes principales (PCA), explicó el 88,42 % de la variación ambiental de los datos, siendo el 59,44 % y 28,98 % explicado por el primer y segundo eje, respectivamente (Figura 6, Tabla 6). En el segundo eje, se observó separación de las temporadas, donde la temporada lluviosa presentó mayores valores de pH (Figura 6).

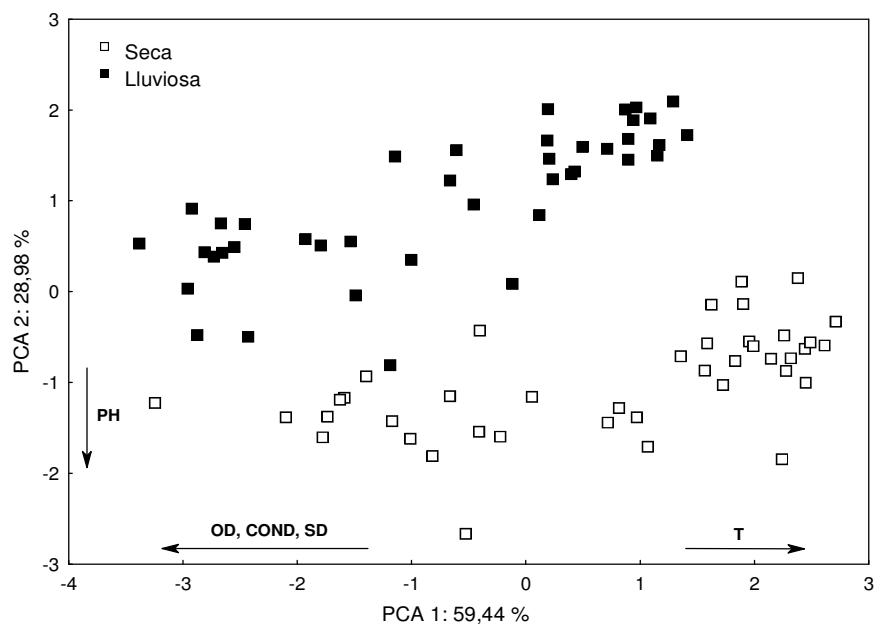


Figura 6. Ordenación de los parámetros fisicoquímicos a través del Análisis de Componentes Principales (PCA) para las diferentes temporadas evaluadas durante los años 2013 y 2014 en la Intercuenca Alto Huallaga. Donde, T: temperatura del agua, SD: sólidos totales disueltos, COND: conductividad, OD: oxígeno disuelto.

Por otro lado, el primer eje no presentó una separación entre las temporadas a pesar de tener una influencia significativa de los parámetros: temperatura del agua, oxígeno disuelto, conductividad y sólidos totales disueltos (Figura 6, Tabla 6). Sin embargo, en este eje se puede observar que la temporada seca presenta una mayor variación de los parámetros fisicoquímicos citados (Figura 6).

Tabla 6. Parámetros fisicoquímicos evaluados en la intercuenca Alto Huallaga durante las dos temporadas de colecta (2013 – 2014), sus correlaciones con los ejes 1 y 2 del Análisis de Componentes Principales (PCA), autovalores, porcentaje de explicación y valores de Broken-stick de los ejes. Valores con asterisco indican parámetros con influencia significativa.

Parámetro fisicoquímico	Loadings	
	PCA 1	PCA 2
Temperatura del agua (°C)	0,888*	-0,065
pH (UI)	0,103	-0,933*
Conductividad (uS/cm)	-0,909*	-0,315
Oxígeno disuelto (mg/L)	-0,726*	0,602
Sólidos suspendidos (ppm)	-0,905*	-0,336
Autovalor	2,972	1,449
% Explicación	59,44	28,98
Broken-stick	2,283	1,283

Como lo esperado, hubo diferencia significativa entre las temporadas evaluadas en base a los parámetros fisicoquímicos evaluados (PERMANOVA, pseudo F = 13,108; p = 0,0002).

b) Análisis espacial

En la Tabla 4 se puede observar los valores obtenidos de los parámetros fisicoquímicos evaluados (temperatura del agua, pH, conductividad, oxígeno disuelto y sólidos totales disueltos) en cada sector delimitado para cada temporada evaluada. En el sector bajo: la temperatura del agua varió de 21,9 – 33 °C en la temporada seca y de, 14,9 - 28,2 °C en la temporada lluviosa; el pH, de 7,98 - 10,5 UI en la temporada seca y de, 6,42 - 8,11 UI en la temporada lluviosa; el oxígeno disuelto, de 1,4 - 2,95 mg/L en la temporada seca y de, 4,49 - 8,63 mg/L en la temporada lluviosa; la conductividad, de 0 – 325 uS/cm en la temporada seca y de, 8 – 512 uS/cm en la temporada lluviosa; y los sólidos totales disueltos, 0 – 165 ppm en la temporada seca y de, 4 – 248 ppm en la temporada lluviosa (Tabla 4). Por otro lado, en el sector medio, la temperatura del agua varió de 18,4 - 22,22 °C en la temporada seca y de, 14,7 - 19,2 °C en la temporada

lluviosa; el pH, de 9,09 – 11 UI en la temporada seca y de, 6,89 - 9,85 UI en la temporada lluviosa; el oxígeno disuelto, de 2,33 - 5,48 mg/L en la temporada seca y de, 6,72 - 9,33 mg/L en la temporada lluviosa; la conductividad, de 57 - 480 uS/cm en la temporada seca y de, 88 – 455 uS/cm en la temporada lluviosa; y los sólidos totales disueltos, 29 – 244 ppm en la temporada seca y de, 41 – 223 ppm en la temporada lluviosa (Tabla 4).

Finalmente, en el sector alto, la temperatura del agua varió de 13,6 – 17,5 °C en la temporada seca y de, 11,5 - 15,1 °C en la temporada lluviosa; el pH, de 9,04 - 10,81 UI en la temporada seca y de, 7,15 - 9,45 UI en la temporada lluviosa; el oxígeno disuelto, de 2,99- 6,67 mg/L en la temporada seca y de, 7,22 - 9,96 mg/L en la temporada lluviosa; la conductividad, de 318 - 699 uS/cm en la temporada seca y de, 345 – 596 uS/cm en la temporada lluviosa; y los sólidos totales disueltos, 134 – 353 ppm en la temporada seca y de, 166 - 291 ppm en la temporada lluviosa (Tabla 4).

Luego de presentar los valores máximos y mínimos de cada parámetro fisicoquímico en cada sector delimitado por cada temporada evaluada, se muestra el promedio de todos los valores registrados para cada parámetro; así como, la variación que presentan estos valores (Tabla 7). Todos los parámetros fisicoquímicos presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los sectores evaluados en ambas temporadas (Figura 7). Sin embargo, cabe resaltar que el pH, en la temporada seca, fue el parámetro que tuvo menor diferencia entre los sectores.

Tabla 7. Estadísticos descriptivos de los parámetros fisicoquímicos evaluados en la intercuenca Alto Huallaga durante las dos temporadas de colecta en los sectores bajo, medio y alto (2013 – 2014).

TEMPORADA	Parámetro fisicoquímico	SECTOR BAJO		SECTOR MEDIO		SECTOR ALTO	
		Media (Min-Max)	D.S	Media (Min-Max)	D.S	Media (Min-Max)	D.S
SECA	T agua (°C)	26,53 (21,9 - 33)	2,68	20,27 (18,4 - 22,22)	1,52	15,11 (13,6 - 17,5)	1,35
	pH (UI)	9,42 (7,98 - 10,5)	0,62	9,86 (9,09 - 11)	0,63	10,12 (9,04 - 10,81)	0,52
	Cond (uS/cm)	119,91 (0 - 325)	177,96	270,67 (57 - 480)	168,35	428,25 (318 - 699)	100,83
	OD (mg/L)	1,98 (1,4 - 2,95)	0,43	3,18 (2,33 - 5,48)	1,32	5,37 (2,99- 6,67)	1,34
	STD (ppm)	55,99 (0 - 165)	49,91	135,5 (29 - 244)	85,81	226,75 (134 - 353)	66,84
LLUVIOSA	T agua (°C)	21,87 (14,9 - 28,2)	3,07	16,87 (14,7 - 19,2)	1,76	12,88 (11,5 - 15,1)	1,03
	pH (UI)	7,29 (6,42 - 8,11)	0,38	7,93 (6,89 - 9,85)	1,04	8,19 (7,15 - 9,45)	0,61
	Cond (uS/cm)	169,69 (8 - 512)	152,44	283,67 (88 - 455)	140,72	509,5 (345 - 596)	69,30
	OD (mg/L)	6,57 (4,49 - 8,63)	1,009	7,59 (6,72 - 9,33)	0,95	8,82 (7,22 - 9,96)	0,71
	STD (ppm)	82,04 (4 - 248)	74,44	135,83 (41 - 223)	67,85	248 (166 - 291)	34,65

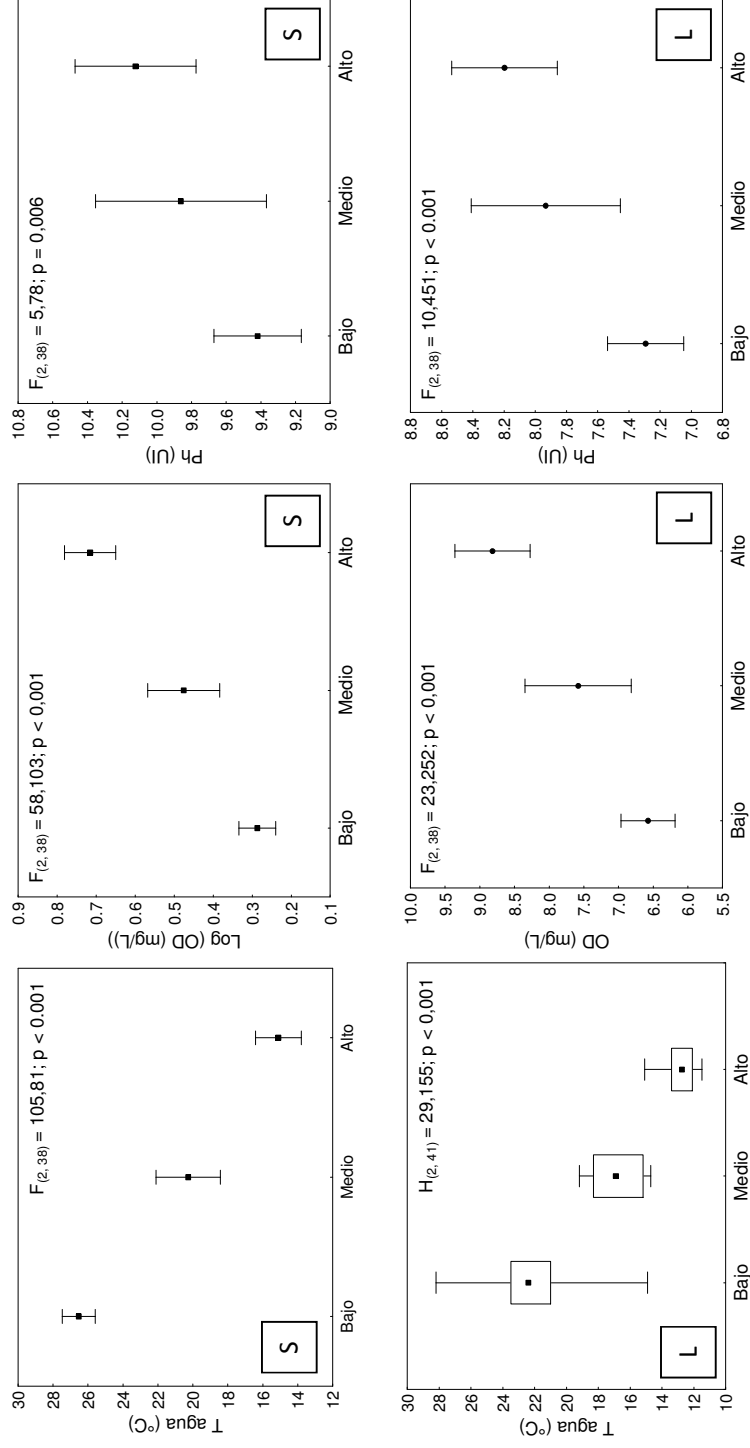


Figura 7. Valores de los parámetros fisicoquímicos por cada sector evaluado en la Intercuenca Alto Hualлага durante la temporada seca (S) y lluviosa (L) de los años 2013 y 2014, respectivamente.

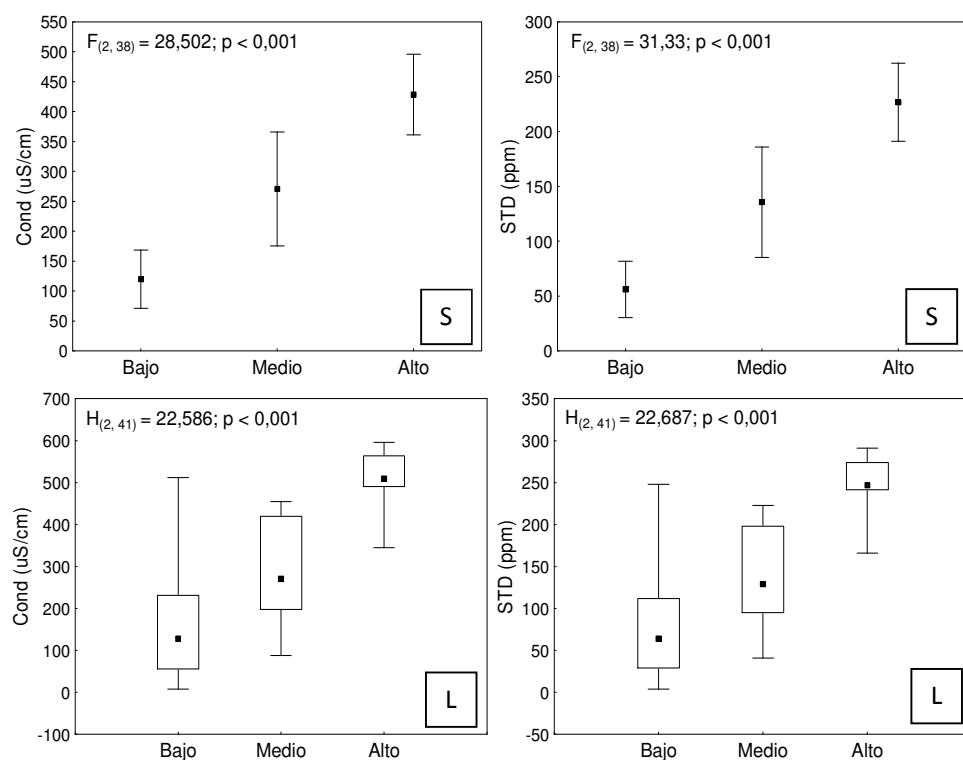


Figura 7 (continuación). Valores de los parámetros fisicoquímicos por cada sector evaluado en la Intercuenca Alto Huallaga durante la temporada seca (S) y lluviosa (L) de los años 2013 y 2014, respectivamente.

La existencia de diferencias significativas entre los sectores comparados en ambas temporadas, mediante el análisis ANOVA one-way y su no paramétrico Kruskal-Wallis, sugirió la necesidad de realizar comparaciones a posteriori todo contra todo para detectar cuáles eran esas diferencias, por lo que se realizó el Test de Tukey ($p < 0,05$). Así, fue corroborada las diferencias entre los sectores en base a los parámetros fisicoquímicos evaluados para cada temporada (Tabla 8). En media, en la temporada lluviosa, la temperatura del agua del sector bajo presentó 22,77 °C más que la que presenta el sector alto ($p < 0,001$); la conductividad del sector alto presentó 20, 27 uS/cm más que la que presenta el sector bajo ($p < 0,001$); los sólidos totales disueltos del sector alto fueron 20,31 ppm más que los que presenta el sector bajo ($p < 0,001$); el pH del sector alto presento 0,91 UI más que el que presenta el sector bajo ($p < 0,001$) y el

oxígeno disuelto del sector alto presentó 2,25 mg/L más que el que presentó el sector bajo ($p < 0,001$).

Tabla 8. Test Tukey de los parámetros fisicoquímicos evaluados en los sectores bajo, medio y alto de la intercuenca Alto Huallaga durante las dos temporadas de colecta.

Temporada	Parámetros fisicoquímicos	Estadístico	p < 0,05	Sector	Media	Test Tukey (p < 0,05)	
LLUVIOSA	T agua (°C)	$H_{(2,41)} = 29,155$	p < 0,001	Bajo	29, 44	Bajo, Medio	p = 0,082
				Medio	17,33	Bajo, Alto	p = 0,000*
				Alto	6,67	Alto, Medio	p = 0,225
	Cond (uS/cm)	$H_{(2,41)} = 22,586$	p < 001	Bajo	14, 02	Bajo, Medio	p = 0,58
				Medio	21,17	Bajo, Alto	p = 0,000*
				Alto	34,29	Alto, Medio	p = 0,085
	STD (ppm)	$H_{(2,41)} = 22,687$	p < 0,001	Bajo	13,98	Bajo, Medio	p = 0,54
				Medio	21,33	Bajo, Alto	p = 0,000*
				Alto	34,29	Alto, Medio	p = 0,092
	pH (UI)	$F_{(2,38)} = 10,451$	p < 0,001	Bajo	7,29	Bajo, Medio	p = 0,053
				Medio	7,93	Bajo, Alto	p = 0,000*
				Alto	8,2	Alto, Medio	p = 0,637
	OD (mg/L)	$F_{(2,38)} = 23,252$	p < 0,001	Bajo	6,57	Bajo, Medio	p = 0,058
				Medio	7,58	Bajo, Alto	p = 0,000*
				Alto	8,82	Alto, Medio	p = 0,03*
SECA	T agua (°C)	$F_{(2,38)} = 105,81$	p < 0,001	Bajo	26,54	Bajo, Medio	p = 0,000*
				Medio	20,27	Bajo, Alto	p = 0,000*
				Alto	15,11	Alto, Medio	p = 0,000*
	Cond (uS/cm)	$F_{(2,38)} = 28,502$	p < 0,001	Bajo	119,91	Bajo, Medio	p = 0,019*
				Medio	270,67	Bajo, Alto	p = 0,000*
				Alto	428,25	Alto, Medio	p = 0,025*
	STD (ppm)	$F_{(2,38)} = 31,33$	p < 0,001	Bajo	55,99	Bajo, Medio	p = 0,019*
				Medio	135,50	Bajo, Alto	p = 0,000*
				Alto	226,75	Alto, Medio	p = 0,013*
	pH (UI)	$F_{(2,38)} = 5,78$	p = 0,006	Bajo	9,42	Bajo, Medio	p = 0,251
				Medio	9,86	Bajo, Alto	p = 0,006*
				Alto	10,12	Alto, Medio	p = 0,658
	OD (mg/L)	$F_{(2,38)} = 58,103$	p < 0,001	Bajo	1,98	Bajo, Medio	p = 0,002*
				Medio	3,18	Bajo, Alto	p = 0,000*
				Alto	5,37	Alto, Medio	p = 0,000*

Mientras que, en la temporada seca, la temperatura del agua; la conductividad; los sólidos totales disueltos y el oxígeno disuelto de todos los sectores presentaron

diferencias significativas par a par ($p < 0,001$). Por otro lado, el pH en el sector alto presentó 0,7 UI más que el que presentó el sector bajo (Tabla 8).

b.1) Temporada seca

En la temporada seca, la asociación de los dos primeros ejes del análisis de componentes principales (PCA) representó el 85,7 % de la variación ambiental de los datos; sin embargo, esa variación es explicada sólo por el primer eje (69,96 %; autovalor = 3,498) debido a que el segundo eje no presentó el valor observado mayor que el valor estimado por el Broken-stick (15,74 %; autovalor = 0,787) (Figura 8, Tabla 9).

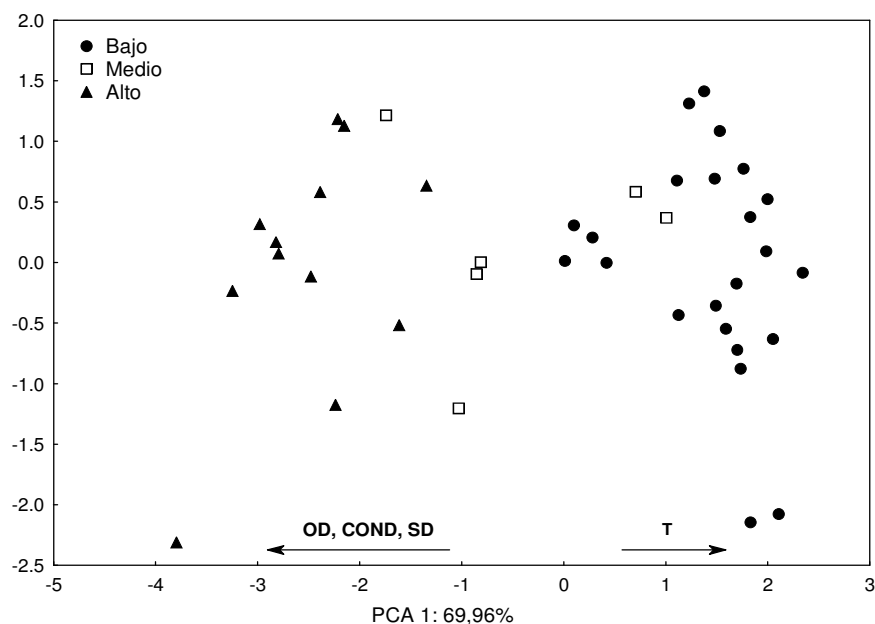


Figura 8. Ordenación de los parámetros fisicoquímicos a través del Análisis de Componentes Principales (PCA) para los diferentes sectores evaluados en la temporada seca (2013) en la Intercuenca Alto Huallaga. Donde, T: temperatura del agua, SD: sólidos totales disueltos, COND: conductividad, OD: oxígeno disuelto.

Se observó separación de los sectores en la temporada seca, donde el sector bajo presentó mayores valores de la temperatura del agua; mientras que el sector alto presentó mayores valores de oxígeno disuelto, conductividad y sólidos totales disueltos (Figura 8).

Tabla 9. Parámetros fisicoquímicos evaluados en la intercuenca Alto Huallaga durante la temporada seca (2013), sus correlaciones con los ejes 1 y 2 del Análisis de Componentes Principales (PCA), autovalores, porcentaje de explicación y valores de Broken-stick de los ejes. Valores con asterisco indican parámetros con influencia significativa.

Parámetro fisicoquímico	Loadings	
	PCA 1	PCA 2
Temperatura del agua (°C)	0,882*	-0,005
Ph (UI)	-0,542	0,829
Conductividad (uS/cm)	-0,907*	-0,214
Oxígeno disuelto (mg/L)	-0,877*	-0,061
Sólidos suspendidos (ppm)	-0,915*	-0,226
Autovalor	3,498	0,787
% Explicación	69,96	15,74
Broken-stick	2,283	1,283

Como lo esperado, hubo diferencia en los parámetros fisicoquímicos entre los sectores evaluados en la temporada seca (PERMANOVA, pseudo $F = 34,308$; $p = 0,0001$), donde ríos distribuidos en el sector bajo fueron diferentes a los distribuidos en el sector medio ($t = 3,0091$; $p = 0,0022$) y a los distribuidos en el sector alto ($t = 8,9632$; $p = 0,0001$). Por otro lado, los ríos distribuidos en el sector medio fueron diferentes a los distribuidos en el sector alto en la temporada seca ($t = 2,7148$; $p = 0,0021$) (Tabla 10).

Tabla 10. Resultado del análisis PERMANOVA par a par entre los sectores de los ríos evaluados durante la temporada seca (2013) en la Intercuenca Alto Huallaga. Valores significativos ($p < 0,05$) están marcados con asteriscos.

Grupo	t	p (Monte Carlo)
Bajo, Medio	3,0091	0,0033*
Bajo, Alto	8,9632	0,0001*
Medio, Alto	2,7148	0,0039*

b.2) Temporada Lluviosa

En la temporada lluviosa, la asociación de los dos primeros ejes del análisis de componentes principales (PCA), representó el 82,72 % de la variación ambiental de los datos; sin embargo, esa variación es explicada sólo por el primer eje (66,67 %; autovalor = 3,334) debido a que el segundo eje no presentó el valor observado mayor que el valor estimado por el Broken-stick (16,05 %; autovalor = 0,802) (Figura 9, Tabla 11).

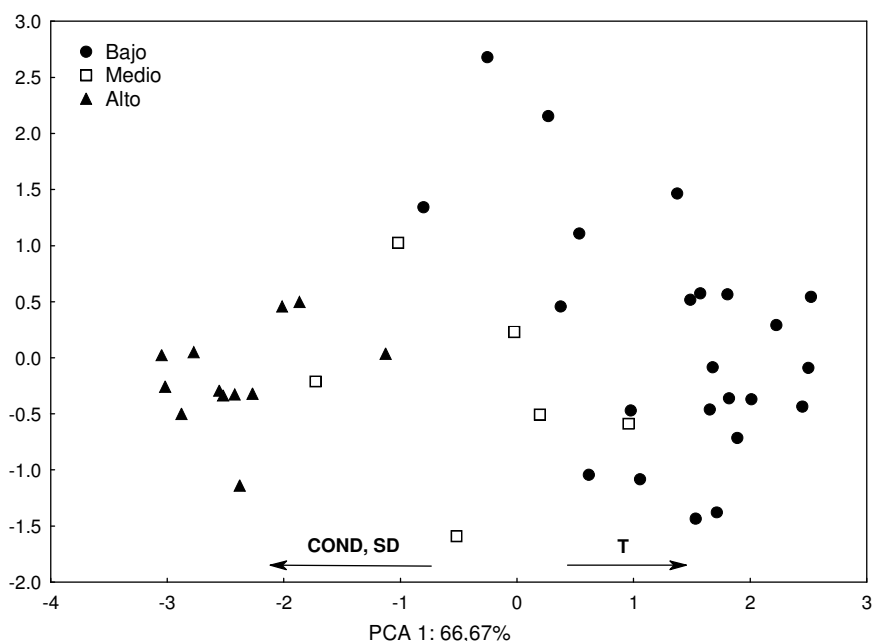


Figura 9. Ordenación de los parámetros fisicoquímicos a través del Análisis de Componentes Principales (PCA) para los diferentes sectores evaluados en la temporada lluviosa (2014) en la Intercuenca Alto Huallaga. Donde, T: temperatura del agua, SD: sólidos totales disueltos, COND: conductividad, OD: oxígeno disuelto.

Se observó separación de los sectores en la temporada lluviosa, donde el sector bajo presentó mayores valores de la temperatura del agua; mientras que el sector alto presentó mayores valores de conductividad y sólidos totales disueltos (Figura 9). Cabe resaltar que la variación de la temperatura del agua fue mayor en el sector bajo, a diferencia de la temporada seca. Mientras que la conductividad y cantidad de sólidos totales disueltos presentan una baja variación en el sector alto con respecto a la temporada seca (Figura 9).

Tabla 11. Parámetros fisicoquímicos evaluados en la intercuenca Alto Huallaga durante la temporada lluviosa (2014), sus correlaciones con los ejes 1 y 2 del Análisis de Componentes Principales (PCA), autovalores, porcentaje de explicación y valores de Broken-stick de los ejes. Valores con asterisco indican parámetros con influencia significativa.

Parámetro fisicoquímico	Loadings	
	PCA 1	PCA 2
Temperatura del agua (°C)	0,848*	0,064
pH (UI)	-0,697	-0,259
Conductividad (uS/cm)	-0,917*	0,375
Oxígeno disuelto (mg/L)	-0,666	-0,674
Sólidos suspendidos (ppm)	-0,918*	0,369
Autovalor	3,334	0,802
% Explicación	66,67	16,05
Broken-stick	2,283	1,283

Como lo esperado, hubo diferencia en los parámetros fisicoquímicos entre los sectores evaluados en la temporada lluviosa (PERMANOVA, pseudo $F = 26,853$; $P = 0,0001$), donde ríos distribuidos en el sector bajo fueron similares a los distribuidos en el sector medio ($t = 1,7944$; $p = 0,073$) y diferentes a los distribuidos en el sector alto ($t = 7,3853$; $p = 0,0001$). Por otro lado, los ríos distribuidos en el sector medio fueron diferentes a los distribuidos en el sector alto en la temporada lluviosa ($t = 4,5576$; $p = 0,0002$) (Tabla 12).

Tabla 12. Resultado del análisis PERMANOVA par a par entre los sectores de los ríos evaluados durante la temporada lluviosa (2014) en la Intercuenca Alto Huallaga. Valores significativos ($p < 0,05$) están marcados con asteriscos.

Grupo	t	p (Monte Carlo)
Bajo, Medio	1,7944	0,0739
Bajo, Alto	7,3853	0,0001*
Medio, Alto	4,5576	0,0002*

c) Análisis altitudinal

Los gráficos de dispersión en el gradiente altitudinal, permitieron observar las tendencias de los parámetros fisicoquímicos por cada temporada evaluada. Con respecto a la temperatura del agua, se observó el aumento de la temperatura con la disminución de la elevación para ambas temporadas, siendo aún mayor en la temporada seca. El pH, no tuvo diferencias claras a través del gradiente altitudinal, pero los ríos fueron más básicos en la temporada seca (Figura 10).

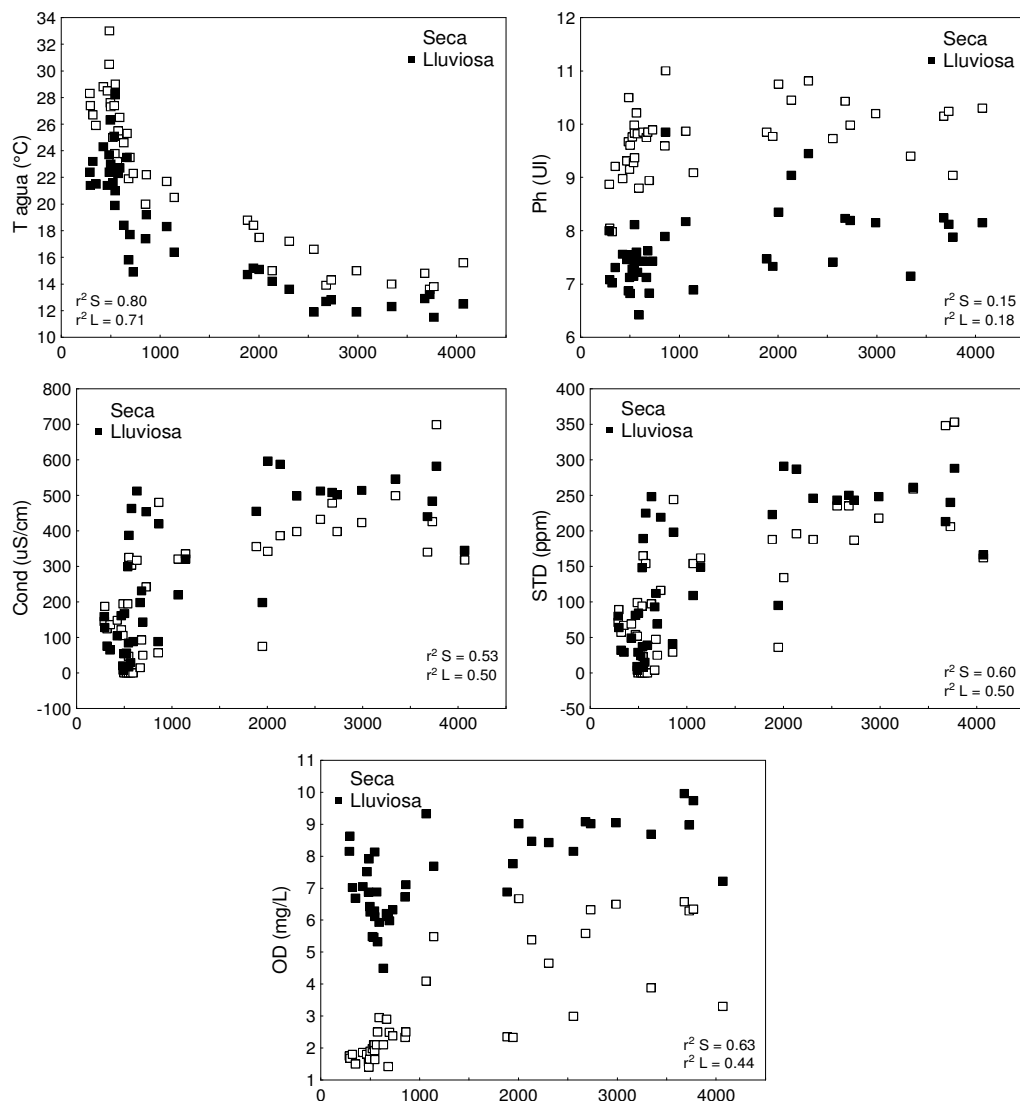


Figura 10. Distribución de los parámetros fisicoquímicos a través del gradiente altitudinal para las diferentes temporadas evaluadas durante los años de 2013 e 2014 en la Intercuenca Alto Huallaga.

La conductividad y la cantidad de sólidos disueltos, presentaron un relativo aumento con el incremento de la elevación, siendo el valor de estos parámetros mayor en la temporada lluviosa. Finalmente, el oxígeno disuelto aumentó con el incremento de la elevación para ambas temporadas, siendo mayor y con tendencia más clara en la temporada lluviosa (Figura 10).

7.2.- Ictiofauna

7.2.1.- Composición de especies

La ictiofauna registrada en ambas temporadas se encuentra representada por 128 especies agrupadas en seis órdenes, 21 familias y 57 géneros (Tabla 13). Del total de especies, seis presentaron carácter endémico del río Huallaga, 118 fueron nativas y cuatro especies introducidas: *Poecilia reticulata*, *Poecilia velifera*, *Coptodon rendalli* y *Oncorhynchus mykiss* (Tabla 13). Por otro lado, las migratorias de grandes distancias estuvieron representadas por cuatro especies.

Tabla 13. Lista taxonómica de la Ictiofauna registrada en la intercuenca Alto Huallaga (2013 – 2014). Donde, N (nativo), I (introducido), E (endémico) y M (Migrador).

ORDEN / FAMILIA / ESPECIE	Carácter
CHARACIFORMES	
Anostomidae	
<i>Leporinus friderici</i> (Bloch, 1794)	N, M
Characidae	
<i>Astyanacinus multident</i> Pearson, 1924	N
<i>Astyanax</i> aff. <i>fasciatus</i>	N
<i>Astyanax bimaculatus</i> (Linnaeus, 1758)	N
<i>Astyanax maximus</i> (Steindachner, 1876)	N
<i>Bryconacidnus</i> aff. <i>hypopterus</i>	N
<i>Bryconamericus bolivianus</i> Pearson, 1924	N
<i>Bryconamericus osgoodi</i> Eigenmann & Allen, 1942	N
<i>Bryconamericus</i> sp.	N
<i>Ceratobranchia</i> sp.	N
<i>Creagrutus</i> aff. <i>flavescens</i>	N
<i>Creagrutus</i> aff. <i>gephyrus</i>	N
<i>Creagrutus</i> aff. <i>gracilis</i>	N
<i>Creagrutus</i> cf. <i>ortegai</i>	N
<i>Creagrutus changae</i> Vari & Harold, 2001	N

ORDEN / FAMILIA / ESPECIE	Carácter
<i>Creagrutus cochui</i> Géry, 1964	N
<i>Creagrutus flavescens</i> Vari & Harold, 2001	N
<i>Creagrutus ortegai</i> Vari & Harold, 2001	N
<i>Creagrutus pila</i> Vari & Harold, 2001	N
<i>Creagrutus</i> sp. 1	N
<i>Creagrutus</i> sp. 2	N
<i>Creagrutus ungulus</i> Vari & Harold, 2001	N
<i>Galeocharax gulo</i> (Cope, 1870)	N
<i>Gephyrocharax major</i> Myers, 1929	N
<i>Hemibrycon huambonicus</i> (Steindachner, 1882)	N
<i>Hemibrycon jabonero</i> Schultz, 1944	N
<i>Hemibrycon jelskii</i> (Steindachner, 1876)	N
<i>Hemibrycon</i> sp.	N
<i>Knodus alpha</i> (Eigenmann, 1914)	N
<i>Knodus megalops</i> Myers, 1929	N
<i>Knodus orteguasae</i> (Fowler, 1943)	N
<i>Knodus septentrionalis</i> Géry, 1972	N
<i>Knodus smithi</i> (Fowler, 1913)	N
<i>Knodus</i> sp.	N
<i>Leptagoniates steindachneri</i> Boulenger, 1887	N
<i>Odontostilbe</i> cf. <i>ecuadoriensis</i>	N
<i>Odontostilbe ecuadorensis</i> Bührnheim & Malabarba, 2006	N
<i>Odontostilbe euspilura</i> Fowler, 1945	N
<i>Odontostilbe fugitiva</i> Cope, 1870	N
<i>Odontostilbe</i> sp. 1	N
<i>Odontostilbe</i> sp. 2	N
<i>Odontostilbe</i> sp. 3	N
<i>Odontostilbe</i> sp. 4	N
<i>Othonocheiroides eigenmanni</i> Myers, 1927	N
<i>Paragoniates alburnus</i> Steindachner, 1876	N
<i>Phenacogaster</i> sp.	N
<i>Prodontocharax</i> sp.	N
<i>Scopaeocharax rhinodus</i> (Böhlke 1958)	E
Crenuchidae	
<i>Characidium</i> aff. <i>purpuratum</i>	N
<i>Characidium</i> cf. <i>etheostoma</i>	N
<i>Characidium</i> cf. <i>fasciatum</i>	N
<i>Characidium</i> cf. <i>purpuratum</i>	N
<i>Characidium</i> cf. <i>steindachneri</i>	N
<i>Characidium</i> sp. 1	N
<i>Characidium</i> sp. 2	N
<i>Characidium</i> sp. 3	N
<i>Characidium</i> sp. 4	N
<i>Characidium</i> sp. 5	N
<i>Characidium</i> sp. 6	N
Curimatidae	
<i>Cyphocharax</i> sp.	N
<i>Potamorhina altamazonica</i> (Cope, 1878)	N, M

ORDEN / FAMILIA / ESPECIE	Carácter
<i>Steindachnerina guentheri</i> (Eigenmann & Eigenmann, 1889)	N
<i>Steindachnerina</i> sp. 1	N
<i>Steindachnerina</i> sp. 2	N
Erythrinidae	
<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch, 1794)	N
Parodontidae	
<i>Parodon buckleyi</i> Boulenger, 1887	N
<i>Parodon pongoensis</i> (Allen, 1942)	N
Prochilodontidae	
<i>Prochilodus nigricans</i> Spix & Agassiz, 1829	N, M
CYPRINODONTIFORMES	
Poeciliidae	
<i>Poecilia reticulata</i> Peters, 1859	I
<i>Poecilia velifera</i> (Regan, 1914)	I
GYMNOTIFORMES	
Apteronotidae	
<i>Apteronotus bonapartii</i> (Castelnau, 1855)	N
<i>Sternarchorhynchus taphorni</i> de Santana & Vari, 2010	N
Sternopygidae	
<i>Eigenmannia virescens</i> (Valenciennes, 1836)	N
<i>Sternopygus macrurus</i> (Bloch & Schneider, 1801)	N
PERCIFORMES	
Cichlidae	
<i>Bujurquina huallagae</i> Kullander, 1986	E
<i>Cichlasoma amazonarum</i> Kullander, 1983	N
<i>Crenicichla sedentaria</i> Kullander, 1986	N
<i>Coptodon rendalli</i> (Boulenger, 1897)	I
SALMONIFORMES	
Salmonidae	
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Walbaum, 1792)	I
SILURIFORMES	
Aspredinidae	
<i>Ernstichthys megistus</i> (Orcés V., 1961)	N
Astroblepidae	
<i>Astroblepus</i> aff. <i>longifilis</i>	N
<i>Astroblepus</i> cf. <i>grixalvii</i>	N
<i>Astroblepus</i> cf. <i>longifilis</i>	N
<i>Astroblepus mancoi</i> Eigenmann, 1928	N
<i>Astroblepus</i> sp.	N
<i>Astroblepus trifasciatus</i> (Eigenmann, 1912)	N
Auchenipteridae	
<i>Centromochlus perugiae</i> Steindachner, 1882	N
Cetopsidae	
<i>Cetopsis plumbea</i> Steindachner, 1882	N
Heptapteridae	
<i>Cetopsorhamdia</i> cf. <i>nasus</i>	N
<i>Cetopsorhamdia filamentosa</i> Fowler, 1945	N
<i>Chasmocranus</i> sp.	N

ORDEN / FAMILIA / ESPECIE	Carácter
<i>Imparfinis</i> sp.	N
<i>Pimelodella</i> aff. <i>gracilis</i>	N
<i>Pimelodella gracilis</i> (Valenciennes, 1835)	N
<i>Pimelodella</i> sp. 1	N
<i>Pimelodella</i> sp. 2	N
<i>Pimelodella</i> sp. 3	N
<i>Rhamdia</i> sp.	N, M
Loricariidae	
<i>Ancistrus</i> sp.	N
<i>Ancistrus tamboensis</i> Fowler, 1945	N
<i>Chaetostoma changae</i> Salcedo, 2006	E
<i>Chaetostoma daidalmatos</i> Salcedo, 2006	E
<i>Chaetostoma lineopunctatum</i> Eigenmann & Allen, 1942	N
<i>Chaetostoma marmorescens</i> Eigenmann & Allen, 1942	E
<i>Chaetostoma</i> sp. 1	N
<i>Chaetostoma</i> sp. 2	N
<i>Chaetostoma</i> sp. 3	N
<i>Peckoltia relictum</i> (Lujan, Armbruster & Rengifo, 2011)	N
<i>Farlowella</i> aff. <i>oxyrrhyncha</i>	N
<i>Farlowella knerii</i> (Steindachner, 1882)	N
<i>Farlowella oxyrrhyncha</i> (Kner, 1853)	N
<i>Fonchiiloricaria nanodon</i> Rodriguez, Ortega & Covain, 2011	E
<i>Hemiancistrus</i> sp.	N
<i>Hypostomus niceforoi</i> (Fowler, 1943)	N
<i>Hypostomus oculus</i> (Fowler, 1943)	N
<i>Hypostomus pyrineusi</i> (Miranda Ribeiro, 1920)	N
<i>Hypostomus</i> sp. 1	N
<i>Hypostomus</i> sp. 2	N
<i>Hypostomus</i> sp. 3	N
<i>Lasiancistrus schomburgkii</i> (Günther, 1864)	N
<i>Loricaria clavipinna</i> Fowler, 1940	N
<i>Loricaria</i> sp.	N
Pimelodidae	
<i>Cheirocerus</i> sp.	N
Pseudopimelodidae	
<i>Pseudopimelodus bufonius</i> (Valenciennes, 1840)	N
Trichomycteridae	
<i>Henonemus punctatus</i> (Boulenger, 1887)	N
<i>Trichomycteridae</i> aff. <i>taczanowskii</i>	N
<i>Trichomycterus</i> cf. <i>taczanowskii</i>	N
<i>Vandellia cirrhosa</i> Valenciennes, 1846	N

7.2.2.- Riqueza y abundancia

De las 128 especies registradas, el superorden Ostariophysi, conformado por los órdenes Characiformes, Siluriformes y Gymnotiformes, representó el 94,5 % del total de especies con 18 familias, 51 géneros y 121 especies, mientras que los No Ostariophysi, conformado por los órdenes Cyprinodontiformes, Perciformes y Salmoniformes, representó el 5,5 % de la riqueza específica total, con tres familias, seis géneros y siete especies (Tabla 14). Los órdenes que más predominaron fueron, Characiformes con 68 especies (53,12 %) seguido del orden Siluriformes con 49 especies (38,28 %).

Tabla 14. Riqueza de los órdenes, familias, géneros y especies de la ictiofauna de la intercuenca Alto Huallaga (2013 – 2014).

SUPERORDEN	ORDEN	Nº FAMILIAS	Nº GENEROS	Nº ESPECIES
Ostariophysi	Characiformes	7	25	68
	Gymnotiformes	2	4	4
	Siluriformes	9	23	49
No Ostariophysi	Cyprinodontiformes	1	1	2
	Perciformes	1	4	4
	Salmoniformes	1	1	1
Total	6	21	58	128

La colecta sumó en total 3426 ejemplares, correspondiendo 1386 individuos para la temporada húmeda y 2040 para la temporada seca. Con respecto a la abundancia, el orden Characiformes fue el más dominante con 2948 individuos (86,05 %), seguido por una amplia diferencia por los Siluriformes con 216 individuos (6,30 %) y por los Perciformes con 136 individuos (3,97 %). Los órdenes Gymnotiformes, Cyprinodontiformes y Salmoniformes representan juntos el 3,69 % de toda la abundancia (Tabla 15 y Figuras 11 y 12).

Tabla 15. Riqueza y abundancia de los órdenes de la ictiofauna de la intercuenca Alto Huallaga (2013 – 2014). Donde, R.A. es la riqueza acumulada y A.R. es abundancia relativa.

SUPERORDEN	ORDEN	Nº ESPECIES	R.A. (%)	Nº INDIVIDUOS	A.R. (%)
Ostariophys	Characiformes	68	53,13	2948	86,05
	Gymnotiformes	4	3,13	18	0,53
	Siluriformes	49	38,28	216	6,30
No Ostariophys	Cyprinodontiformes	2	1,56	102	2,98
	Perciformes	4	3,13	136	3,97
	Salmoniformes	1	0,78	6	0,18
Total	6	128	100	3426	100

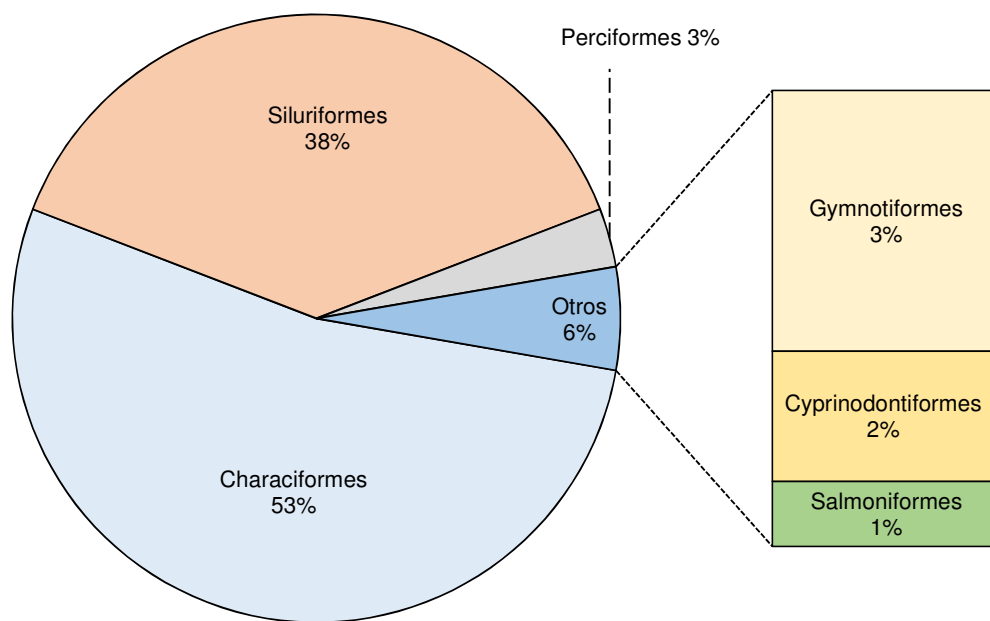


Figura 11. Riqueza por órdenes en la intercuenca Alto Huallaga durante la temporada seca (2013) y lluviosa (2014).

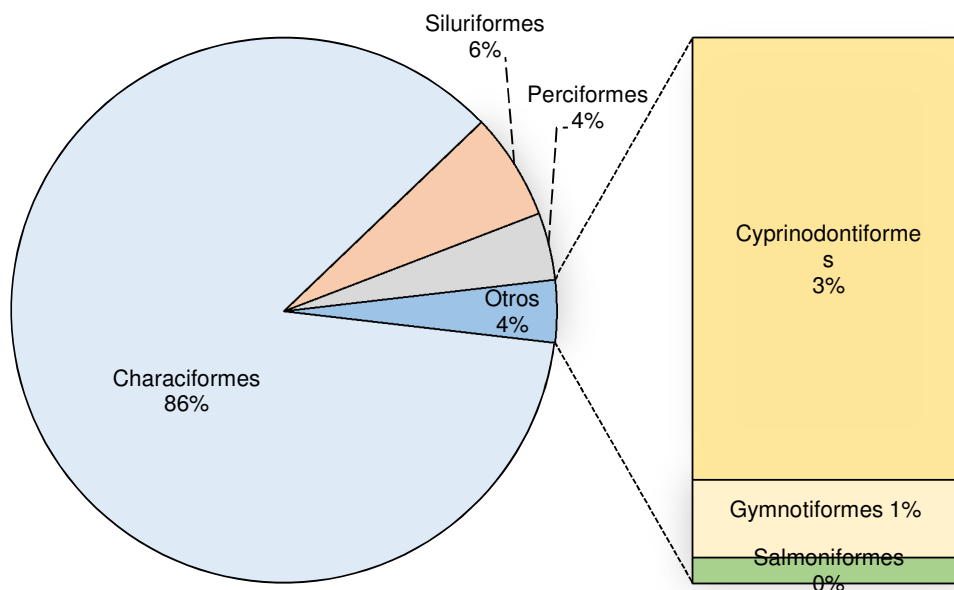


Figura 12. Abundancia por órdenes en la intercuenca Alto Huallaga durante la temporada seca (2013) y lluviosa (2014).

La familia con con la mayor riqueza fue Characidae (48 especies, 38 %), seguido por Loricariidae (24 especies, 19 %), Crenuchidae (11 especies, 9 %), Heptapteridae (10 especies, 8 %), Astroblepidae (6 especies, 5 %), Curimatidae, Cichlidae y Trichomycteridae (4 especies cada una, 3 % respectivamente) y otras 13 familias que se encuentran entre las de menor riqueza (17 especies, 13 %) (Tabla 16, Figura 13). La familia Characidae presentó la mayor riqueza; así como, la mayor abundancia con 2581 individuos, representando el 75,34 % del total de individuos colectados, seguido por Crenuchidae con 283 individuos (8,26 %), Cichlidae con 136 individuos (3,96 %) y Loricariidae con 134 individuos. Finalmente, las 17 familias restantes presentaron 292 individuos que representan el 8,52 % del total (Tabla 16).

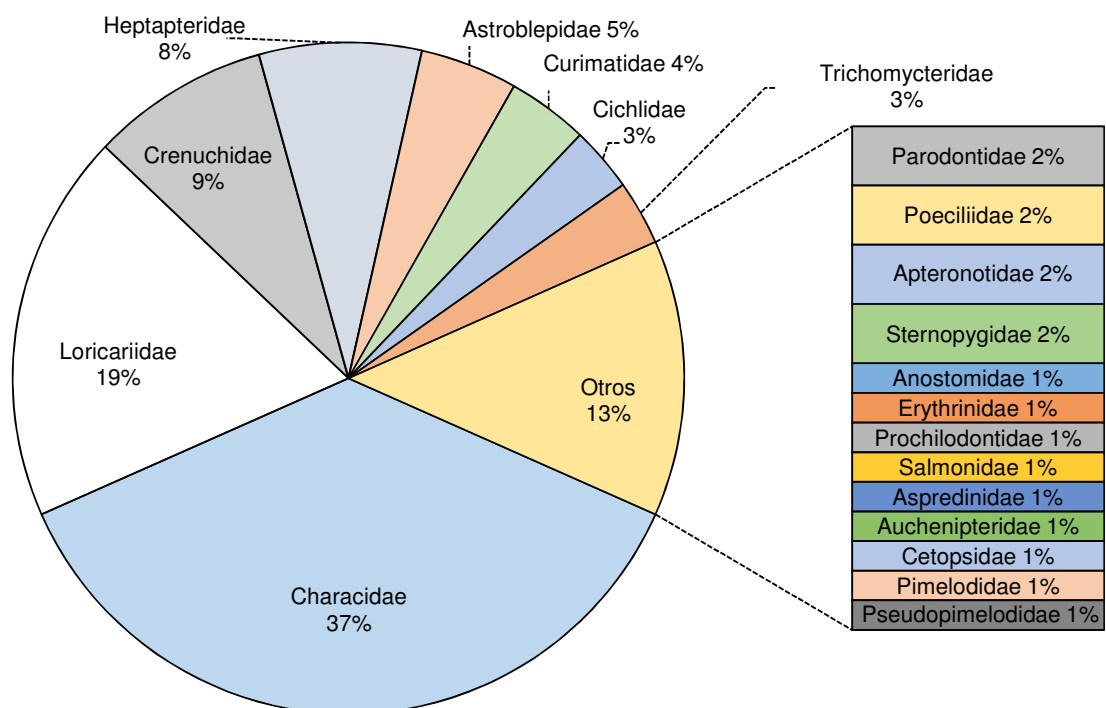


Figura 13. Riqueza por familias de peces de la intercuenca Alto Huallaga durante la temporada seca (2013) y lluviosa (2014).

Tabla 16. Riqueza y abundancia de las familias de la ictiofauna de la intercuenca Alto Huallaga (2013 – 2014).

FAMILIA	N° ESPECIES	A.R. (%)	N° INDIVIDUOS	A.R. (%)
Characidae	47	36,72	2571	75,04
Crenuchidae	11	8,59	283	8,26
Cichlidae	4	3,13	136	3,97
Loricariidae	24	18,75	134	3,91
Poeciliidae	2	1,56	102	2,98
Curimatidae	5	3,91	60	1,75
Heptapteridae	10	7,81	37	1,08
Trichomycteridae	4	3,13	21	0,61
Erythrinidae	1	0,78	19	0,55
Sternopygidae	2	1,56	16	0,47
Parodontidae	2	1,56	12	0,35
Astroblepidae	6	4,69	11	0,32
Salmonidae	1	0,78	6	0,18
Auchenipteridae	1	0,78	4	0,12
Aspredinidae	1	0,78	3	0,09
Pimelodidae	1	0,78	3	0,09

FAMILIA	N° ESPECIES	A.R. (%)	N° INDIVIDUOS	A.R. (%)
Prochilodontidae	1	0,78	2	0,06
Apterodontidae	2	1,56	2	0,06
Cetopsidae	1	0,78	2	0,06
Anostomidae	1	0,78	1	0,03
Pseudopimelodidae	1	0,78	1	0,03
TOTAL	128	100	3426	100

7.2.2.1.- Riqueza y abundancia temporal

Para la temporada lluviosa, se identificaron 85 especies de peces, agrupados en seis órdenes, 17 familias y 41 géneros (Anexo 7). Los órdenes más representativos fueron Characiformes y Siluriformes con 50 y 28 especies respectivamente, representando el 58,82 % y el 32,94 % de la riqueza total, seguidos por el orden Gymnotiformes con cuatro especies representando el 4,71 % del total, finalmente los órdenes Cyprinodontiformes, Perciformes y Salmoniformes representaron juntos el 3,53 % del total, con una especie cada uno. Por otro lado, en la temporada seca se colectaron 100 especies, agrupadas en cinco órdenes, 18 familias y 47 géneros (Anexo 6). En esta temporada, los órdenes más representativos fueron, de igual forma Characiformes y Siluriformes con 58 y 35 especies respectivamente, representando el 58 % y el 35 % de la riqueza total, seguidos por el orden Perciformes con cuatro especies (4 %), Cyprinodontiformes con dos especies (2 %) y finalmente por Salmoniformes con una especie (1 %) (Tabla 17).

Tabla 17. Comparación de la riqueza y abundancia de las especies de la ictiofauna de la intercuenca Alto Huallaga entre la temporada seca (2013) y la temporada lluviosa (2014).

ORDEN	N° FAMILIAS		N° ESPECIES		A.R. (%)		N° INDIVIDUOS		A.R. (%)	
	L	S	L	S	L	S	L	S	L	S
Characiformes	6	50	50	58	58,82	58,00	1165	1783	84,05	87,40
Gymnotiformes	2	4	4	0	4,71	0,00	18	0	1,30	0,00
Siluriformes	6	28	28	35	32,94	35,00	98	118	7,07	5,78
Cyprinodontiformes	1	1	1	2	1,18	2,00	71	31	5,12	1,52
Perciformes	1	1	1	4	1,18	4,00	32	104	2,31	5,10
Salmoniformes	1	1	1	1	1,18	1,00	2	4	0,14	0,20
Total	17	18	85	100	100	100	1386	2040	100	100

Con respecto a la abundancia, en la temporada lluviosa se colectaron 1386 individuos, el orden Characiformes resultó más abundante con 1165 individuos representando el 84,05 % de la abundancia total, seguido por los órdenes Siluriformes con 98 individuos (7,07 %), Cyprinodontiformes con 71 individuos (5,12 %) y Perciformes con 32 individuos (2,31 %), los órdenes restantes representaron en conjunto cerca del 1,5 % del total (Tabla 17). Mientras que en la temporada seca se colectaron 2040 individuos, donde el orden con mayor abundancia continuó siendo Characiformes con 1783 individuos representando el 87,40 % de la abundancia total, seguido por los órdenes Siluriformes con 118 individuos (5,78 %), Perciformes con 104 individuos (5,10 %). Finalmente, los órdenes restantes (Cyprinodontiformes y Salmoniformes) representaron en conjunto el 1,72 % de la abundancia total en esta temporada (Tabla 17).

Para ambas temporadas, la familia con el más alto número de especies fue Characidae, seguida por Loricariidae, Heptapteridae, Crenuchidae, entre otras (Figura 14). Con respecto a la abundancia, Characidae fue la familia más numerosa, seguida por Crenuchidae, Cichlidae y Loricariidae (Figura 15).

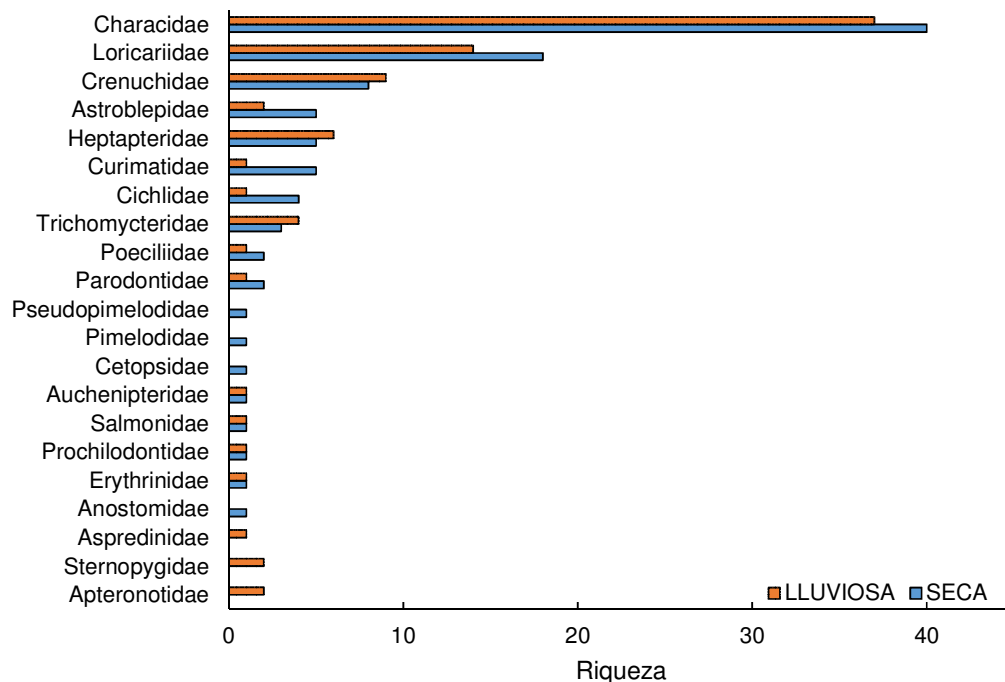


Figura 14. Comparación de la riqueza por familias de peces de la intercuenca Alto Huallaga durante la temporada seca (2013) y lluviosa (2014).

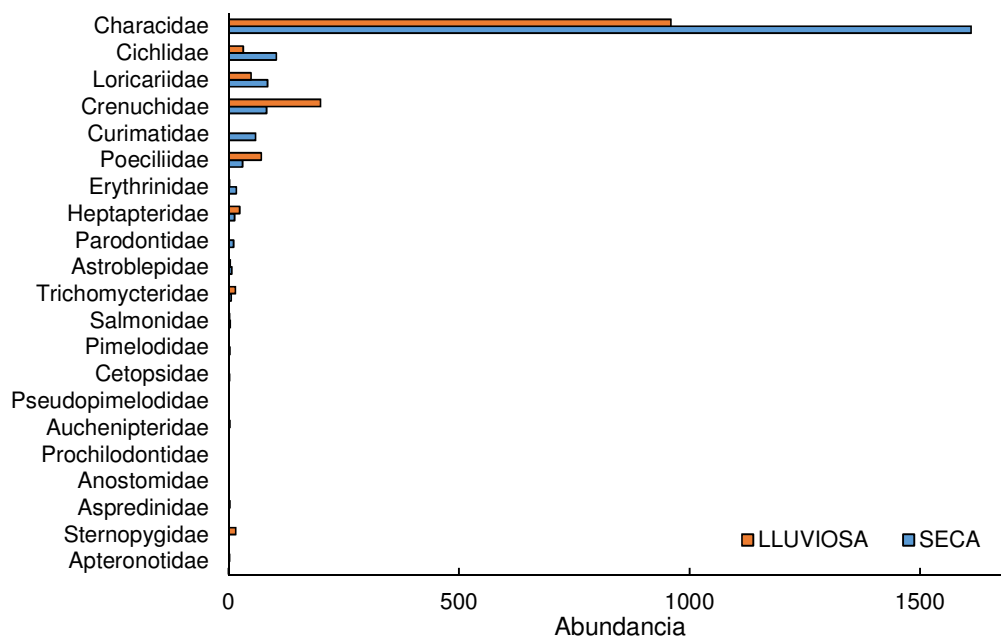


Figura 15. Comparación de la abundancia por familias de peces de la intercuenca Alto Huallaga durante la temporada seca (2013) y lluviosa (2014).

7.2.2.2- Riqueza y abundancia espacial

Debido a que los ambientes acuáticos evaluados se encontraron en un rango altitudinal entre 290 y 4069 m.s.n.m. se diferenciaron sectores para el análisis. El sector bajo presentó 119 especies de peces; el medio, 43 especies y el sector alto, ocho especies (Tabla 18). Con respecto a la cantidad de ejemplares colectados, el sector bajo fue el más abundante con 2754 ejemplares, seguido por el sector medio con 516 ejemplares y por el sector alto con 156 ejemplares (Tabla 18). La familia Characidae fue la más abundante en los tres sectores y la más rica en los sectores bajo y medio (Figura 16 y 17). En el sector alto, las familias con mayor número de especies fueron: Loricariidae y Poeciliidae, ambas con dos especies cada una (Tabla 18).

Tabla 18. Comparación de la riqueza y abundancia de las familias de la ictiofauna entre los sectores bajo, medio y alto de la intercuenca Alto Huallaga para ambas temporadas evaluadas (2013 – 2014).

FAMILIAS	ABUNDANCIA			RIQUEZA		
	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto
Characidae	1991	455	125	45	26	1
Crenuchidae	277	6	0	11	4	0
Cichlidae	125	9	2	4	1	1
Loricariidae	104	20	10	21	4	2
Poeciliidae	82	11	9	1	1	2
Curimatidae	60	0	0	5	0	0
Heptapteridae	33	4	0	10	1	0
Trichomycteridae	19	2	0	4	2	0
Erythrinidae	19	0	0	1	0	0
Sternopygidae	15	1	0	2	1	0
Parodontidae	7	5	0	2	1	0
Astroblepidae	6	1	4	4	1	1
Aspredinidae	3	0	0	1	0	0
Pimelodidae	3	0	0	1	0	0
Apteronotidae	2	0	0	2	0	0
Prochilodontidae	2	0	0	1	0	0
Auchenipteridae	2	2	0	1	1	0
Cetopsidae	2	0	0	1	0	0
Anostomidae	1	0	0	1	0	0
Pseudopimelodidae	1	0	0	1	0	0
Salmonidae	0	0	6	0	0	1
TOTAL	2754	516	156	119	43	8

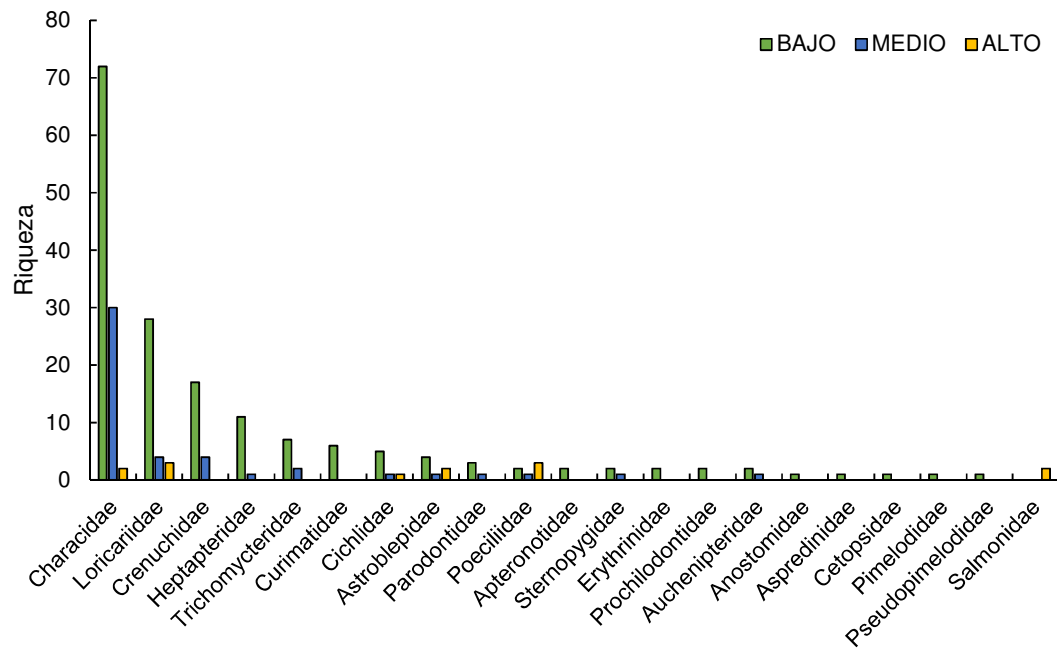


Figura 16. Distribución por sectores: bajo, medio y alto, de la riqueza de las principales familias de peces en la intercuenca Alto Huallaga.

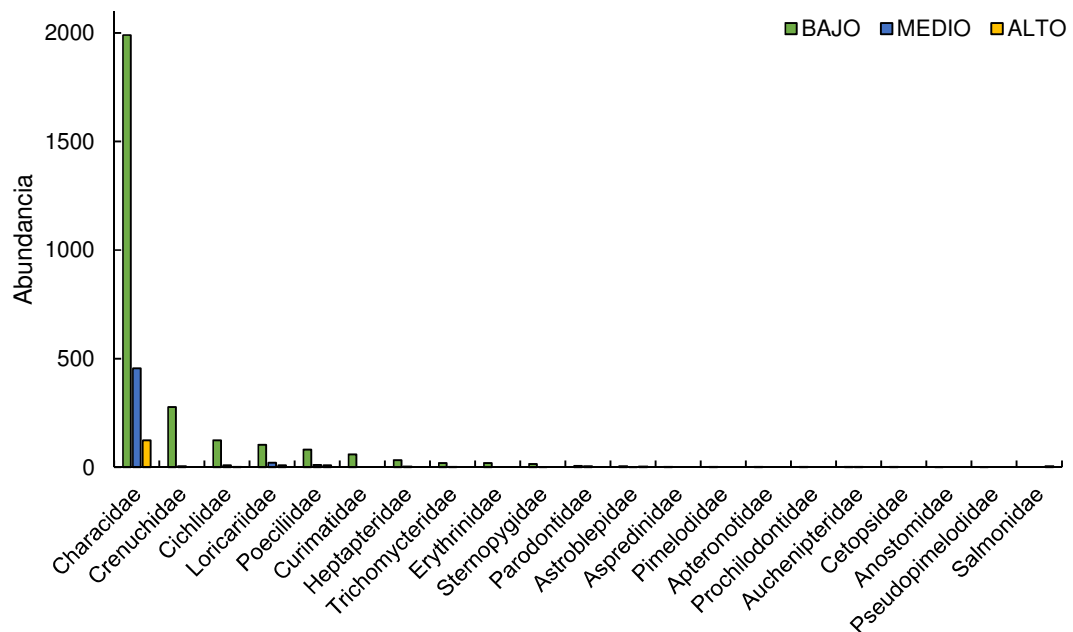


Figura 17. Distribución por sectores: bajo, medio y alto, de la abundancia de las principales familias de peces en la intercuenca Alto Huallaga.

7.2.2.3.- Riqueza y abundancia altitudinal

La información de la diversidad de peces proporciona valioso conocimiento sobre la riqueza específica de los ambientes acuáticos y sobre su distribución en las diferentes zonas delimitadas en el gradiente altitudinal de la intercuenca Alto Huallaga. Se observó una disminución de la riqueza de especies y de la abundancia con el incremento de la altitud (Figura 18 y 19, Anexo 8).

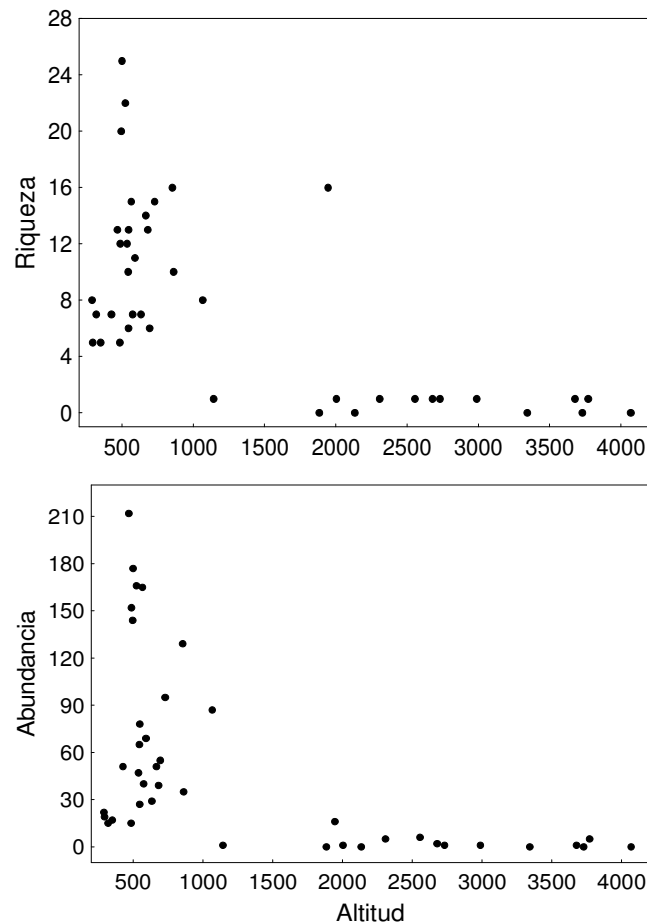


Figura 18. Riqueza y Abundancia de especies en el gradiente altitudinal de la intercuenca Alto Huallaga durante las dos temporadas evaluadas (2013 – 2014).

En las figuras 19 y 20 se observa el rango de la distribución altitudinal de las especies registradas en ambas temporadas seca y lluviosa, respectivamente.

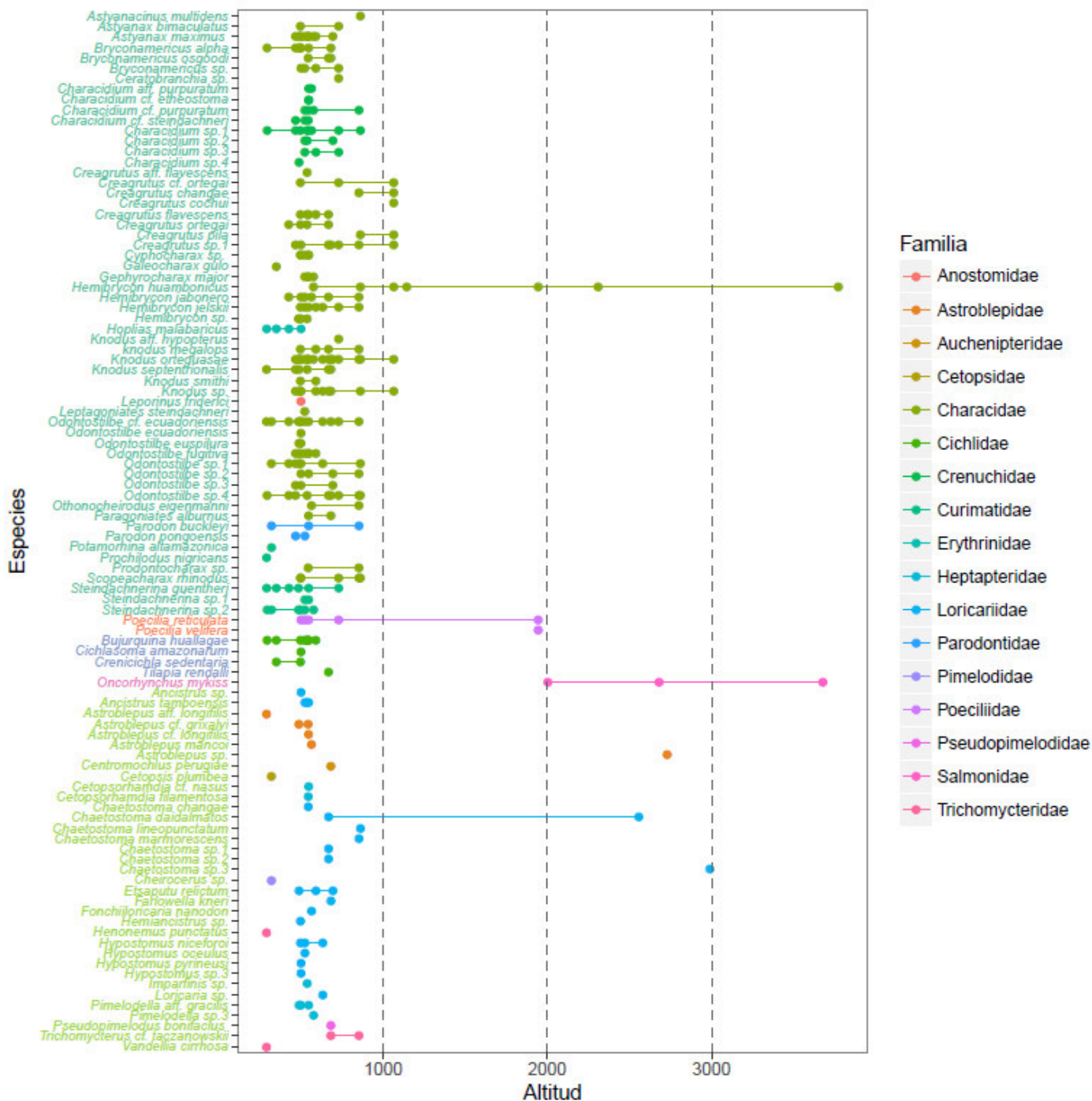
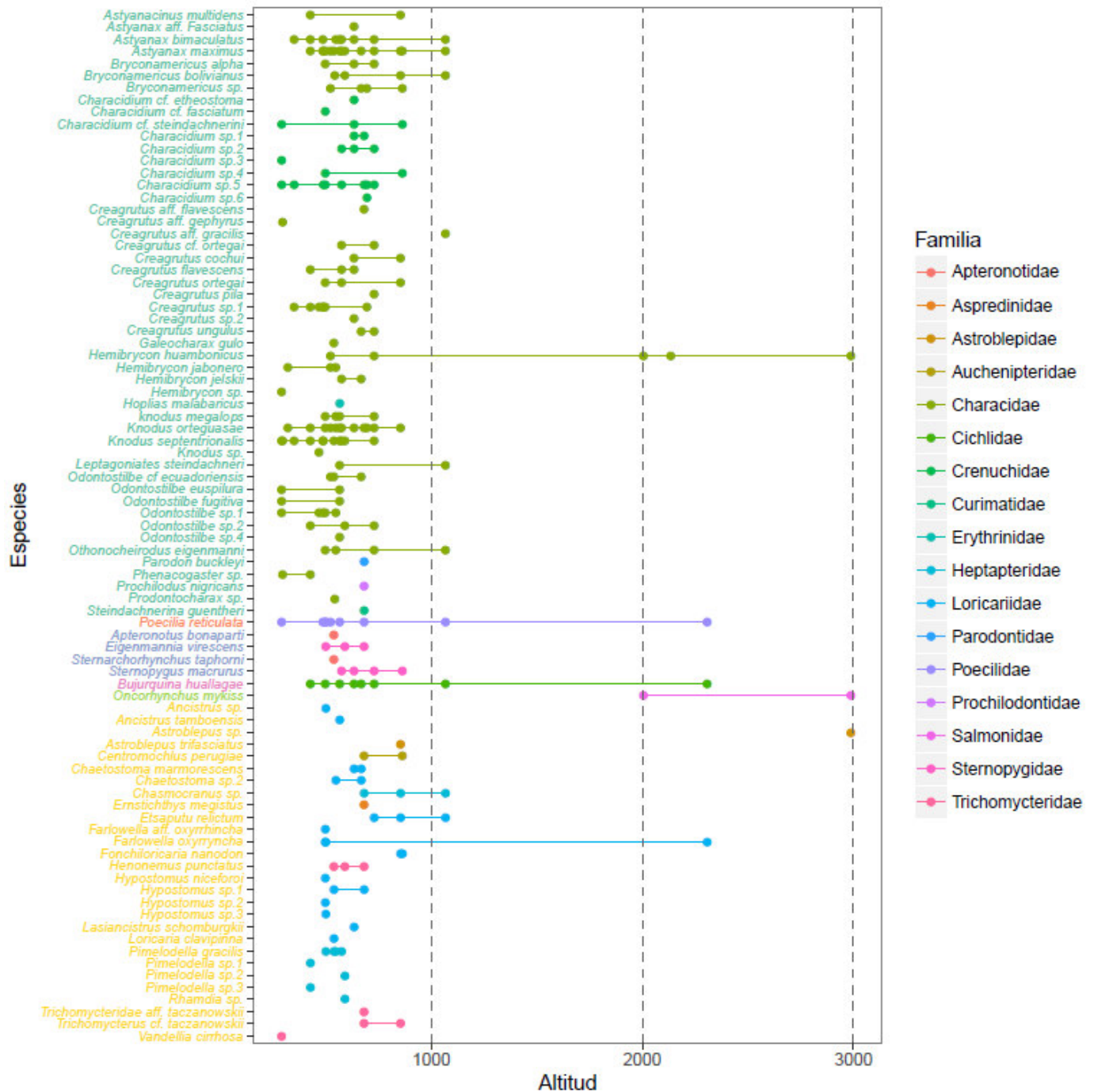


Figura 19. Distribución de las especies en el gradiente altitudinal de la intercuenca Alto Huallaga en la temporada seca (2013). En el eje “y”, las especies están agrupadas en los ordenes: Characiformes, Cyprinodontiformes, Perciformes, Salmoniformes y Siluriformes.

Donde se destaca una mayor amplitud en la distribución de las especies en la temporada seca ya que se sobrepasa los 3000 m a diferencia de la temporada lluviosa.



7.2.3.- Diversidad alfa

7.2.3.1.- Índices de diversidad

Los índices de diversidad estimados (0D , 1D y 2D) se presentan según la temporada evaluada en la Tabla 19. Donde, 0D es el ‘número total de especies’ de la muestra y no es sensible a la abundancia; 1D es el ‘número de las especies abundantes’, donde el peso de cada especie es de acuerdo a su abundancia en la muestra y 2D es el ‘número de las especies muy abundantes’ en la muestra, que favorece a las especies muy abundantes. Es decir que el número efectivo de especies es una medida del número de especies en la muestra donde cada especie es ponderada por su abundancia ($^0D > ^1D > ^2D$).

Tabla 19. Índices de diversidad (0D , 1D y 2D) para cada punto de muestreo evaluados en temporada seca (2013) y lluviosa (2014) en la intercuenca Alto Huallaga. Donde, N es abundancia.

Estación	TEMPORADA SECA				TEMPORADA LLUVIOSA			
	N	0D	1D	2D	N	0D	1D	2D
LV01	22	8	6,831	6,205	156	10	4,736	3,908
LV02	19	5	4,164	3,574	6	3	2,749	2,571
LV03	15	7	6,45	6,081	4	2	1,755	1,6
LV04	17	5	3,996	3,322	49	4	2,366	1,932
LV05	51	7	4,592	3,648	62	12	5,505	3,482
LV06	212	13	6,383	4,688	14	3	2,44	2,085
LV07	15	5	4,699	4,412	35	6	4,555	3,701
LV08	152	12	2,697	1,719	23	4	3,097	2,685
LV09	144	20	10,57	8,308	127	16	7,871	5,518
LV10	177	25	12,81	7,551	23	7	3,626	2,438
LV11	166	22	8,32	4,944	26	7	5,686	4,971
LV12	47	12	5,768	3,651	44	10	4,967	3,293
LV13	65	10	4,956	3,16	3	2	1,89	1,8
LV14	27	6	3,041	2,101	74	13	8,712	6,181
LV15	78	13	4,968	2,781	24	7	5,096	4,235
LV16	165	15	7,248	4,996	6	1	1	1
LV17	40	7	3,194	2,174	42	12	7,143	5,188
LV18	69	11	6,595	4,804	71	8	2,607	1,777
LV19	29	7	5,534	4,806	87	15	6,968	4,041
LV20	51	14	7,283	4,188	21	8	6,777	5,88

Estación	TEMPORADA SECA				TEMPORADA LLUVIOSA			
	N	⁰ D	¹ D	² D	N	⁰ D	¹ D	² D
LV21	39	13	9,759	7,721	47	16	8,981	5,323
LV22	55	6	2,604	1,812	7	5	4,711	4,455
LV23	95	15	10,26	8,62	53	17	10,08	6,736
LV24	129	16	7,096	4,427	211	11	2,245	1,458
LV25	35	10	7,764	5,861	9	7	6,614	6,231
LV26	87	8	5,148	4,293	44	10	7,658	6,411
LV27	1	1	1	1	0	0	1	****
LV28	0	0	1	****	0	0	1	****
LV29	16	16	2,675	2,415	0	0	1	****
LV30	1	1	1	1	17	2	1,251	1,125
LV31	0	0	1	****	35	1	1	1
LV32	5	1	1	1	7	3	2,942	2,882
LV33	6	1	1	1	0	0	1	****
LV34	2	1	1	1	0	0	1	****
LV35	1	1	1	1	0	0	1	****
LV36	1	1	1	1	59	3	1,331	1,147
LV37	0	0	1	****	0	0	1	****
LV38	1	1	1	1	0	0	1	****
LV39	0	0	1	****	0	0	1	****
LV40	5	1	1	1	0	0	1	****
LV41	0	0	1	****	0	0	1	****

a) Temporada seca

En la temporada seca, la riqueza (⁰D) fue de 7,73 especies en promedio y varió entre cero a 25 especies. El río con mayor número de especies fue el río Huallaga (LV10); mientras que, el valor cero fue registrado en los ríos Huallaga (LV28, LV37, LV39 y LV41) y Chaupiguaranga (LV31). La diversidad efectiva (¹D) fue de 4,38 especies en promedio y varió entre uno y 12,81 especies, el valor más alto fue reportado para el río Huallaga (LV10) a diferencia de los ríos Chinchao (LV27), Chaupiguaranga (LV31 y LV36), Qda. s/n (LV38), Colorado (LV40) y Huallaga (LV28, LV30, LV32-LV35, LV37, LV39 y LV41) quienes presentaron 1 especie. Finalmente, la medida de diversidad de orden dos (²D) fue de 3,65 especies en promedio y varió entre uno y 8,62 especies, donde el mayor valor fue registrado en el río Huallaga (LV23) y una especie en el río Huallaga (LV27, LV30, LV32-LV36, LV38 y LV40) (Tabla 19).

b) Temporada lluviosa

En la temporada lluviosa, la riqueza (0D) fue de 5,49 especies en promedio y varió entre cero a 17 especies. El río con mayor número de especies fue el río Huallaga (LV23); mientras que, el valor cero fue registrado en los ríos Chinchao (LV27), Laguna (LV29), Qda. s/n (LV38), Colorado (LV40) y Huallaga (LV28, LV33-LV35, LV37, LV39 y LV41). La diversidad efectiva (1D) fue de 3,59 especies en promedio y varió entre uno y 10,08 especies, el valor más alto fue reportado para el río Huallaga (LV23) a diferencia de los ríos Tocache (LV16), Chinchao (LV27), Laguna (LV29), Chaupiguaranga (LV31), Qda. s/n (LV38), Colorado (LV40) y Huallaga (LV28, LV33-LV35, LV37, LV39 y LV41) quienes presentaron 1 especie. Finalmente, la medida de diversidad de orden dos (2D) fue de 3,5 especies en promedio y varió entre uno y 6,74 especies, donde el mayor valor fue registrado en el río Huallaga (LV23), y una especie en los ríos Tocache (LV16) y Chaupiguaranga (LV31) (Tabla 19).

c) Diversidad entre temporadas

La riqueza (0D) claramente diferenció a la temporada seca como la más rica en especies de peces (25 especies), en comparación de la temporada lluviosa que presentó 17 especies (Tabla 19, Figura 21). Al incluir todas las especies y su abundancia relativa en la medida de diversidad (1D), se comprobó la misma tendencia descrita para la riqueza (Figura 21). Al utilizar como medida la diversidad estimada de orden dos, todos los sitios resultaron con un menor número de especies efectivas, pues esta medida se centra solamente en las especies más abundantes (Figura 21).

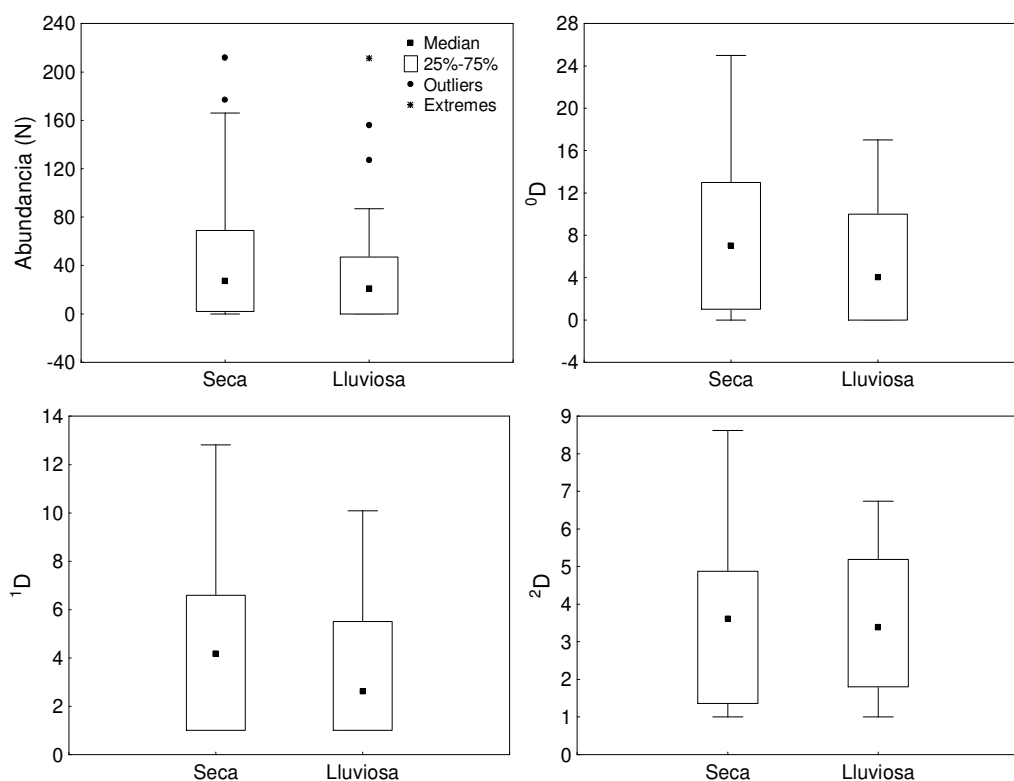


Figura 21. Diagrama de cajas de los índices de diversidad de la intercuenca Alto Huallaga para temporada seca (2013) y lluviosa (2014). Los cuadrados pequeños representan las medianas, las cajas representan los intervalos intercuartiles (25 – 75 %), las barras muestran los intervalos de valores máximos y mínimos.

Con la medida de diversidad de orden uno se encontró que la temporada seca tuvo una diversidad igual a la que tendría una comunidad teórica de 12,81 especies donde todos ellos tuvieran la misma abundancia. Por su parte, la temporada lluviosa tuvo una diversidad igual a la que tendría una comunidad de 10,08 especies efectivas (Figura 21). Al expresar estas equivalencias, se concluye que la temporada seca es 1,27 veces más diversa en especies de peces que la temporada lluviosa. Dicho de otra manera, la temporada lluviosa tuvo 78,69 % de la diversidad que la temporada seca. Con respecto a la medida de diversidad de orden dos, la temporada seca presentó una diversidad igual a la que tendría una comunidad teórica de 8,62 especies a diferencia de la temporada lluviosa que presentó 6,74 especies efectivas. Es decir, la temporada

lluviosa tuvo 78,19 % de la diversidad que la temporada seca, en base a las especies más abundantes.

7.2.3.2.- Diversidad en el gradiente altitudinal

Como ya fue mencionado, se observó la disminución de la riqueza de especies (0D) con el incremento de la altitud. Una tendencia similar fue observada para la medida de los índices de diversidad 1D y 2D . Donde, la temporada seca fue generalmente la que presentó mayor valor de los índices de diversidad medidos (0D , 1D y 2D) en los sectores bajo, medio y alto a lo largo del gradiente altitudinal, a diferencia de la temporada lluviosa (Figura 22).

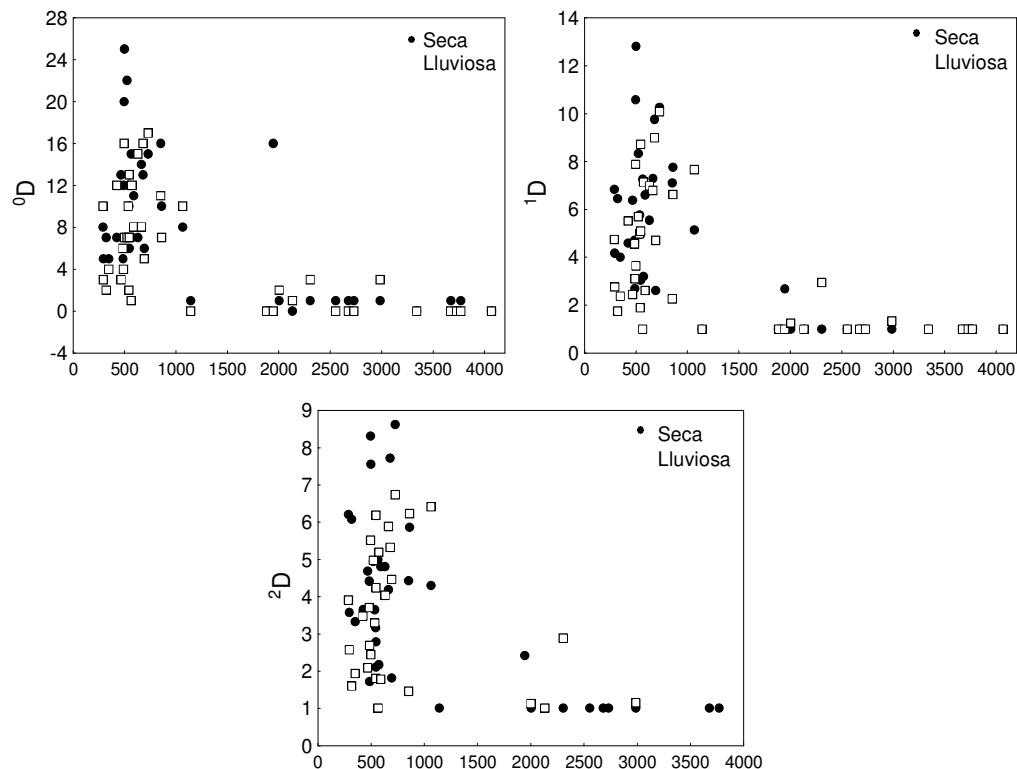


Figura 22. Distribución de los índices de diversidad a través del gradiente altitudinal para las diferentes temporadas evaluadas durante los años de 2013 y 2014 en la Intercuenca Alto Huallaga.

7.2.3.3.- Curvas de acumulación

Las curvas de acumulación presentan una tendencia a la estabilización para cada temporada. Además, los estimadores de riqueza analizados señalaron que la riqueza obtenida es representativa del área evaluada para cada temporada.

a) Temporada seca

Según el estimador Chao 1, el número probable de especies que presentaría el área evaluada es de 109 y las 100 especies registradas en esta temporada representan una eficiencia en el muestreo del 91,74 %. De acuerdo con el estimador Bootstrap, el número de especies estimada en el área evaluada es de 118, donde las 100 especies registradas representa una eficiencia en el muestreo del 84,47 % (Figura 23, Tabla 20). Sin embargo, para el estimador Chao 2 la riqueza esperada es de 152 especies (eficiencia del 65,87 %) y para el Jackknife 1 la riqueza esperada es de 142 especies (eficiencia del 70,45 %). En base a los cuatro estimadores usados, más del 65 % de las especies esperadas para la temporada seca están representadas en el muestreo.

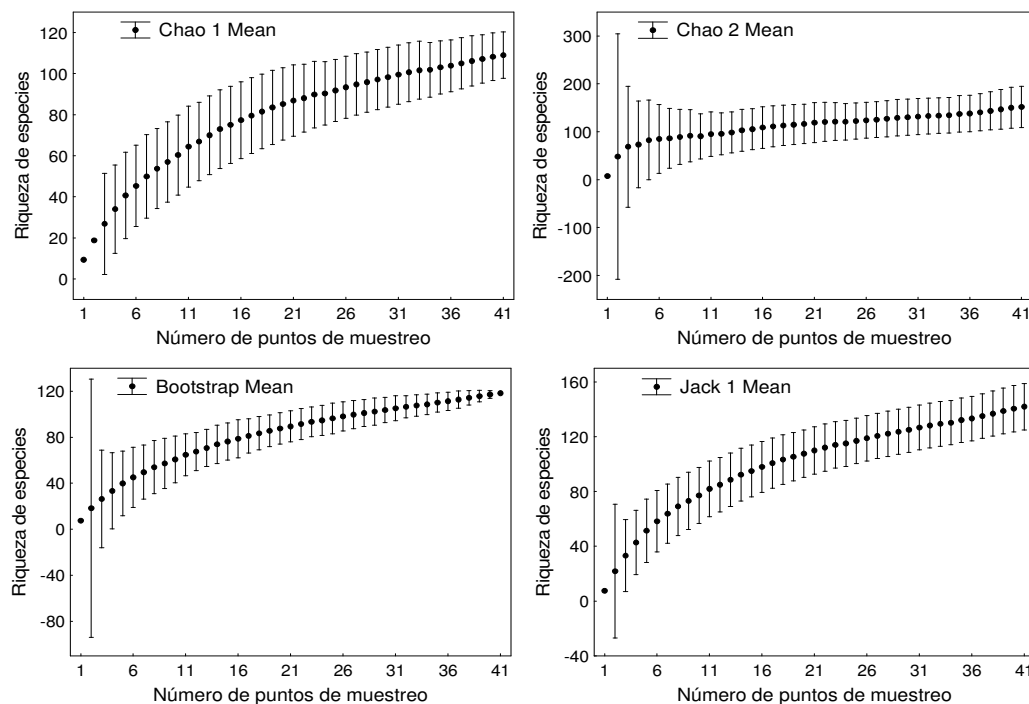


Figura 23. Curvas de acumulación de especies para la temporada seca (2013) en la intercuenca Alto Huallaga.